DIE BLUTDRUCKMESSUNG AM AUGE

Übersicht über die Literatur seit 1968

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
WALI ARIF
aus Kabul/Afghanistan

Bonn 1977

DIE BLUTDRUCKMESSUNG AM AUGE

Übersicht über die Literatur seit 1968

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
WALI ARIF
aus Kabul/Afghanistan

Bonn 1977

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. E. Weigelin
2. Gutachter: Priv. Doz. Dr. Iizuka

Tag der mündlichen Prüfung: 1.9.1977

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus dem Institut für experimentelle Ophthalmologie
der Universität Bonn

Direktor: Prof. Dr. E. Weigelin

Druck: Richard Schwarzbold, 5305 Witterschlick b. Bonn

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Problemstellung	5
2	Methoden der Blutdruckmessung am Auge	7
2.1	Kompressionsdynamometrie	7
2.2	Saugnapfdynamometrie	17
2.3	Ophthalmodynamographie	22
3	Klinische Ergebnisse	34
3.1	Übersichtsarbeiten	34
3.2	Patho-physiologische Probleme	39
3.3	Einfluß von CO_2- und O_2-Atmung	45
3.4	Gefässkrankheiten	47
3.5	Blutdruckmessungen am Auge zur Diagnose von Carotisstenosen und Verschlüssen sowie nach Carotisligatur	57
3.5.1	Ophthalmodynamometrie	57
3.5.2	Ophthalmodynamographie	63
3.5.3	Vergleich zwischen dynamometrischen, dynamographischen Ergebnissen bei Carotisstenosen und -obliterationen	67
4	Prüfung von Medikamentenwirkung	74
5	Diskussion und Zusammenfassung	79
6	Literatur	82

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523717_0060

1 Problemstellung

Erstmals berichteten STREIFF und MONNIER (1946) eingehend über die Literatur auf dem Gebiet der Ophthalmodynamometrie, einer Methode zur Blutdruckmessung am Auge, die (1917) durch den französischen Augenarzt BAILLIART klinische Bedeutung erlangt hatte.

Im Berichtszeitraum dieser Autoren war eine sehr große Zahl von Arbeiten erschienen. Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen waren jedoch so verwirrend, daß keine klaren Aussagen über den Nutzen der Methode damals möglich waren.

Im selben Jahr fand MILETTI (1946) erstmals eine Seitendifferenz zwischen den Ergebnissen dynamometrischer Blutdruckmessung am rechten und linken Auge und erkannte die Bedeutung dieses Befundes für die Diagnose von Karotisverschlüssen.

Der nächste derartige Fall wurde 1949 von WEIGELIN beschrieben. Diesem gelang es dabei und in den folgenden Jahren die physikalische Basis der Blutdruckmessung am Auge aufzuklären, worüber zunächst von WEIGELIN und H.K.MÜLLER (1951), später WEIGELIN und LOBSTEIN (1962) zusammenfassend in einer Monographie berichtet wurde. Ergänzend hierzu veröffentlichten WEIGELIN und IWATA (1964) eine weitere zusammenfassende Arbeit über die Literatur zur Ophthalmodynamometrie und zu anderen Blutdruckmessungen am Auge. Die Li-

teratur von 1964-1968 behandelt die Dissertation von I.LOSCH (1970). In ihr werden zunächst die physikalischen Grundlagen der Ophthalmodynamometrie und Ophthalmodynamographie, einer plethysmographischen Methode zur Registrierung des Orbitapulses, beschrieben. Es folgen Abschnitte über die Physiologie der Blutdruckmessung am Auge, über vergleichende Ergebnisse der verschiedenen Meßmethoden und über Registrierung von Pulskurven am Auge, sowie eine Darstellung der klinischen Anwendungsgebiete.

Berücksichtigt werden auch Blutdruckmessungen an anderen Stellen des Auges, z.B. an episkleralen Gefäßen. Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll es sein, im Anschluß an die Dissertation von I. LOSCH die in den Jahren 1968 bis 1975 erschienenen Arbeiten aus dem Gebiet der Blutdruckmessung am Auge zu referieren.

2 Methoden der Blutdruckmessung am Auge

2.1 Kompressionsdynamometrie

Das Standardinstrument zur Durchführung von Blutdruckmessungen am Auge ist wohl nach wie vor das Federdruckdynamometer. Im modernen Schrifttum wird diese Form der Dynamometrie oft als Kompressionstyp bezeichnet. Die Meßstelle befindet sich im Bereich der Arteria ophthalmica, zwischen ihrem Ursprung und der Abzweigung der Arteria centralis retinae. Auf diese längst bekannte Tatsache weist WERFF (1972) in einer Arbeit hin durch, die er versucht, die Meßstelle bei der Ophthalmodynamometrie zu definieren und den aktuellen systolischen Blutdruck in der Zentralarterie der Netzhaut zu berechnen. Durch Formelableitung nach dem Poiseuilleschen Gesetz kommt er zu dem Ergebnis, daß der normale systolische Zentralarteriendruck um 14-17 mm Hg niedriger ist als der bei der Dynamometrie bestimmte Blutdruck in der Arteria ophthalmica. Die auffallend hohe Druckdifferenz wird durch den geringen Radius der Arteria centralis retinae begründet.

Verwendet werden das Ophthalmodynamometer nach BAILLIART und das nach H.K. MÜLLER. Für das letzte ist eine Standardisierungsvorschrift durch die deutsche physikalisch-technische Bundesanstalt, Institut Berlin ausgearbeitet worden, die auf experimentellen Untersuchungen von ZIESMER, WEIGELIN, JESSEN

und SCHEIDHAUER (1973) beruhen. Diese Arbeiten wurden mit 13 verschiedenen Dynamometerstempelaufsatzflächen an 7 enukleierten Augen, deren Druck manometrisch unter Dynamometerbelastung fortlaufend registriert wurde, durchgeführt. Um den gesamten klinischen Druckbereich zu erfassen, wurde mit allen 4 Federspannungen des Müller'schen Dynamometer gearbeitet.

Die extraocular angewandte Gewichtsbelastung erstreckte sich über den Bereich von 23 gr. bis 316 gr.

Es ergab sich folgendes:

Bei Verwendung des handelsüblichen Stempels mit einem Durchmesser von 7,3 mm und einem Krümmungsradius von 10,5 mm wurde eine lineare Regression zwischen Belastung des Auges in pond und dadurch erzieltem intraocularen Druck in mm Hg gefunden, die der Eichkurve von Bedavanija für den entsprechenden Ausgangswert nahe kommt.

Eine völlige Übereinstimmung war nicht zu erwarten, da Bedavanija an lebenden Augen eichte. Statistische Berechnungen ergaben trendmäßige Einflüsse der Durchmesser und Krümmungsradien auf den dynamometrisch erzeugten Augeninnendruck. Der Effekt der Durchmesservariationen ist deutlich stärker als der der Krümmungsradien. Kleine Stempeldurchmesser und Krümmungsradien erhöhen, große erniedrigen den Augeninnendruck gegenüber der Standardabmessung.

Signifikant verschieden von den Ergebnissen mit einem Stempeldurchmesser von 7,3 mm und einem Krümmungsradius von

10,5 mm sind diejenigen von Geräten mit Stempeldurchmessern von 5,3 mm und 10,3 mm sowie für den Stempel mit planer Aufsatzfläche und einem Krümmungsradius von 20,5 mm. Die Verfasser kommen zu dem Ergebnis, daß bei der Ophthalmodynamometrie der Durchmesser der Aufsatzfläche zwischen 6,3 mm und 9,3 mm liegen kann, für den Krümmungsradius sind die Grenzwerte 6,5 mm und 14,5 mm. Als Sollwert der Stempelaufsatzfläche wird ein Durchmesser von 7,3 mm und ein Krümmungsradius von 10,5 mm angegeben.

Obwohl THOMAS (1958) schon gezeigt hat, daß die Meßgenauigkeit des BAILLIART-Dynamometers ungünstig und von Instrument zu Instrument unterschiedlich sein kann, wird dieses Gerät offenbar noch viel verwendet. Dies hängt damit zusammen, daß bei der klinischen Anwendung der Ophthalmodynamometrie meistens nur die Diagnose der Carotisstenose betrieben wird, wobei vielfach lediglich auf das Auftreten von Seitendifferenzen geachtet wird. Hierfür ist eine gute Meßgenauigkeit des Instrumentes nicht unbedingt erforderlich. Noch nicht genügend durchgesetzt hat sich leider die Tatsache, daß auch für die Carotisdiagnose die Messung des diastolischen Ophthalmicadruckes allein nicht ausreicht. Dies wäre zu erwarten, da in der Gefäßpathologie allgemein bekannt ist, daß poststenotisch insbesondere der systolische Blutdruck deutlich reduziert ist, worauf auch WERFF (1972) in seiner oben zitierten Arbeit hinweist.

Es ist nicht erstaunlich, daß in den letzten Jahren nur wenige Arbeiten erschienen sind, die sich ausschließlich mit der Methode der Kompressionsdynamometrie beschäftigen. Hier ist ja, vor allem wenn man sich auf das Gebiet der Diagnose von Karotisstenosen beschränkt, das Vorgehen standardisiert und läßt wenig Raum für wissenschaftliche Forschung.

Umso verbreiterter ist die Anwendung der Methode für Screening bei Verdacht auf Karotisstenosen, wobei sie offenbar gute Ergebnisse bringt. Ersatzmethoden wie die im folgenden Abschnitt besprochene Saugnapfmethode, konnten sich trotz gewisser Vorteile offenbar nicht in weiterem Umfang durchsetzen. Dies gilt auch für die Carotid compression tonography, über deren Ergebnisse bei Karotisstenosen PERCIVAL und RIDGWAY (1968) berichteten.

BEGU (1968) untersuchte, ob Unterschiede beim Aufsetzen des Dynamometers auf die Sklera in der üblichen Form gegenüber dem Aufsetzen auf das Oberlid auftreten.

Anhand von 1200 Fällen kam er zu dem Ergebnis, daß kein Unterschied vorliege. Vorteile dieser Messung seien deren Einfachheit, die bequeme schnelle und harmlose Durchführung ohne Anästhesierung und ohne Gefährdung des Auges durch Infektion. Sicher führt dieses Verfahren nicht zu einer Verbesserung der Messgenauigkeit bei der Dynamometrie.

Ähnliches gilt auch für die Anwendung des von KAUFMANN (1965) konstruierten Doppeldynamometers bei dem gleichzeitig auf beide Augen eine Belastung ausgeübt wird und zwar

ebenfalls durch die Lider. Als Kriterium gilt das Erlöschen der Funktion eines Auges. Erfolgt dies nicht auf beiden Seiten ungefähr gleichzeitig, so besteht Verdacht auf Carotis stenose auf der Seite mit dem früher aufgetretenen Black out.

Ausgehend von FRIEDMANNS Beobachtung (1966), daß man durch ein GOLDMANN Dreispiegelglas Arterien-Pulsationen am Fundus beobachten kann, wenn mechanischer Druck auf den Bulbus über das Kontaktglas ausgeübt wird, konstruierte SISLER (1972) sein OPTICAL CORNEAL PRESSURE OPHTHALMODYNAMOMETER. Das Gerät beruht auf dem gleichen Prinzip wie das Applanationstonometer. Die Gewichtsbelastung liegt zwischen 0 und 150 gr. An die Stelle des Applanationskörpers tritt eine - 60 D Funduslinse. Das Gerät kann von einem Untersucher leicht bedient werden. Leider fehlen Mitteilungen über die Ergebnisse mit dieser Methode. Ihre Meßgenauigkeit dürfte dadurch, daß der Bulbus zunächst nach hinten verlagert wird, eingeschränkt sein. Seine Anwendbarkeit ist jedoch wegen des kleinen Messbereichs sehr beschränkt. Nach der Bedienungsanweisung ist das Gerät vor allem zur Bestimmung des diastolischen Ophthalmicablutdrucks geeignet, was für die Diagnose von Carotisstenosen oft nicht ausreicht.

Auf dem gleichen Prinzip beruht das von STEELE und PIERSE (1973) angegebene Ophthalmodynamometer. STEPANIK (1972) führte Messungen des Ophthalmicablutdrucks mit dem Messkopf des MAKAY MARK Tonometers durch. Hierzu baute er diesen in ein Kontaktglas ein. Mit diesem übte er unter Beo-

bachtung der Papille durch die Spaltlampe einen manuellen Druck auf das Auge bis zum Entstehen der Blutdruckkriterien aus. Ein Vergleich mit der Kompressionsdynamometrie ergab höhere Durchschnittswerte für die "Ophthalmosphygmomanometrie".

Einen interessanten Vorschlag zur Verbesserung der Kompressionsdynamometrie machte F. BAUER (1973). An dem Federdruckdynamometer nach H.K.MÜLLER wurde ein Spezialschallkopf angebracht, dessen Anliegefläche der Hornhautkrümmung angepasst ist. Verwendet wird der MINIVASON ULTRASCHALL GENERATOR, der gleichzeitig als Empfänger der reflektierten Strahlen dient und den reflektierten Ultraschall in Toneffekt umwandelt. Der für die Ophthalmodynamometrie verwendete Schallkopf wird nach Abnahme der Originalpelotte auf den Fühlstift des Ophthalmodynamometers aufgesetzt und das Schallkopfkabel am Greifteil befestigt. Die Messung erfolgt im Liegen, wobei das Instrument senkrecht auf die Hornhautmitte aufgesetzt wird. Zwischen Hornhautoberfläche und Schallkopf muß stets Flüssigkeit oder Gel sein. Als hauptsächlichen Vorteil der Methode erachtet BAUER, daß die Messung von nur einer Person durchgeführt werden kann.

BUDAI (1974) führte mit der Bauer'schen Methode über 300 Messungen durch. Er fand, wofür er 10 Beispiele in einer Tabelle anführt, mit der Ultraschall Ophthalmodynamometrie niedrigere Werte als mit der konventionellen Form und sieht den Grund darin, daß bei jener 2 Personen beim Messungsvorgang beteiligt werden müssen. Er hält diese Technik für ein-

facher und genauer als die konventionelle Form.

Das Ergebnis der vergleichenden Untersuchungen ist allerdings nicht überraschend, da die Formel WEIGELIN und IWATA nur für sitzende Patienten gilt und von früheren Untersuchungen bekannt ist, daß beim Übergehen zur Horizontallage individuell recht verschiedene Reaktionen in Form von mehr oder weniger starker intracranieller Vasconstriction (WEIGELIN und LOBSTEIN) auftreten. Deshalb ergibt sich, wie zu erwarten, bei der konventionellen Dynamometrie in allen Beispielen eine meist beträchtliche Abweichung nach oben. Ob die mit der Ultraschall-Dynamometrie gemessenen niedrigeren Werte tatsächlich richtig sind, bedarf noch genauer Untersuchungen mit statistischen Methoden an größeren Reihen gesunder Personen.

Der Gedanke, die Ultraschall-Dopplertechnik in den Dienst der Ophthalmodynamometrie zu stellen, ist aber zweifellos sinnvoll und sollte weiter verfolgt werden.

Eine Serie interessanter Arbeiten stammt von BORRAS, MARTINEZ und MENDEZ (1969). Diese Autoren sind dazu übergegangen, anstelle der unblutigen ODM eine blutige Messung in der Arteria supraorbitalis zur Bestimmung des Blutdruckes in der Arteria ophthalmica durchzuführen. Die supraorbitale Arterie wird blutig freigelegt, ebenso übrigens die Cubital-Arterie und der Druck manometrisch bestimmt, wobei die Autoren der Ansicht sind, daß es sich um Wanddrucke in übergeordneten Gefäßen handelt. Soweit sich aus der Schilderung der Messvorgänge entnehmen lässt, handelt es sich jedoch um den

Druck der angehaltenen Blutsäule. In der ersten Arbeit wird der so gemessene Druck mit einer ODM Bestimmung nach der Methode von WEIGELIN und LOBSTEIN verglichen. Die systolischen Ergebnisse in der Arteria supraorbitalis liegen, wie zu erwarten, etwas niedriger als die dynamometrisch bestimmten Ophthalmicablutdrucke. Der Unterschied ist signifikant, beträgt aber nur wenige Millimeter. Für den diastolischen und den mittleren Blutdruck ergaben sich keine signifikanten Differenzen, wenn auch jeweils die Durchschnittswerte aus 16 Bestimmungen etwas niedriger in der Arteria supraorbitalis sind. Bei der kleinen Fallzahl ist der Korrelationskoeffizient r = 0,87 beachtlich hoch und spricht für die Zuverlässigkeit der Ergebnisse bei der ODM.

In einer weiteren Arbeit wird die Beziehung zwischen blutig gemessenem supraorbitalen Blutdruck und Cubital-Blutdruck berechnet. Aus 15 Messungen ergeben sich auch hier hohe Korrelationskoeffizienten (systolisch 0,85, diastolisch 0,91, Mitteldruck 0,8). Die Formel für den Mitteldruck $y = 10.13 + 0,74\ x$ ist der Beziehungsformel bei der Dynamometrie sehr ähnlich. Entgegen der Meinung der Autoren spricht auch dieses Ergebnis sehr für die Zuverlässigkeit der dynamometrischen Bestimmungen. Schließlich wurden noch Messungen bei Patienten mit totalem Carotisverschluß durchgeführt. Hier ergaben die Registrierungen , daß bei totaler Okklusion die Arteria ophthalmica Blut aus der homolateralen Seite über die Arteria carotis externa erhält.

Die diagnostischen Möglichkeiten der Methode steigen, wenn man einen Kompressionstest der Arteria carotis communis durchführt.

Einen Vergleich zwischen ophthalmodynamometrischen Messungen und der Vasotonometrie nach RETHY führten SAYEGH, AZMOUN und WEIGELIN (1973) durch. Sie bestimmten die Korrelation zwischen Oberarm- und Ophthalmica- sowie Ciliararteriendruck. Während zwischen den erstgenannten Größen die Korrelations oeffizienten wie bei früheren Reihen 0,91 betrug, ergaben sich für die Beziehung zum Blutdruck in den vorderen Ciliararterien bei Verwendung der Vasotonometrie nach RETHY nur Korrelationskoeffizienten von 0,60 und 0,73.

Frühere von RETHY geäusserte Meinungen, wonach der Ciliararteriendruck mit zunehmendem Alter deutlich abnehme und bei Hypertonie unabhängig vom Oberarmblutdruck sei, wurden, wie sich aus einer Tabelle ergibt, nicht bestätigt. Die Werte des Ciliararteriendruckes entsprechen bei diesen Messungen weitgehend früher allerdings mit anderer Methode angegebenen Resultaten. Als Grund für die wenig befriedigenden Messungsergebnisse wird angeführt, daß das Vasotonometer nicht standardisiert ist. Die Ablesung an der Skala ist schwierig und der Druckkörper sehr empfindlich gegen Bewegungen. Entsprechende Verbesserungen des Gerätes werden vorgeschlagen.

ROUSSEAU (1968) untersuchte die Beziehung zwischen Ophthalmicablutdruck (von ihm unrichtig noch als Zentralarteriendruck bezeichnet) und Arm-Retina-Zeit. Bei der Fluores-

zenzangiographie fand er, allerdings ohne statistische Auswertung, eine gewisse Übereinstimmung der Messungsergebnisse, sowohl bei Personen mit normalem Karotisangiogramm als auch bei Patienten mit Stenose der Karotis. Bei klarer Diagnose fanden sich unter 17 Patienten 13 mal dynamometrisch und fluoreszenzangiographisch einander entsprechende Resultate.

Schließlich ist noch eine Arbeit von FRITZ (1969) zu erwähnen.

Das Erblassen der Papille unter der dynamometrischen Augeninnendrucksteigerung hält dieser Autor für ein Kriterium für den Kapillardruck dort und zieht daraus Rückschlüsse auf den uvealen Kapillardruck. Danach sei dessen Höhe im Durchschnitt gleich dem diastolischen Ophthalmicablutdruckpuls + 38 % der Blutdruckamplitude.

Die Beziehung zum mittleren Ophthalmicablutdruck sei jedoch nicht linear. Abweichungen fanden sich bei Patienten mit Glaukom.

2.2 Saugnapfdynamometrie

Erneute Beachtung fand in den letzten Jahren die ursprünglich von KUKAN (1951) angegebene und von MIKUNI und IWATA (1965) perfektionierte Methode der Unterdruckdynamometrie, bei der eine Augeninnendruckerhöhung durch Erzeugung eines Vakuums in einen an das Auge aufgesetzten Saugnapf erzielt wird.

In Fortsetzung der von LOSCH eingehend beschriebenen Arbeiten von DRAEGER und VOGEL (1966), YAMAMORI (1966) und FRIEDMANN (1966) beschäftigte sich in der Berichtszeit vor allem eine Forschergruppe um GALIN und BEST mit den Problemen der "Suction Ophthalmodynamometrie".

Ältere Untersuchungen von SYSI (1950) hatten ergeben, daß die Vergleichbarkeit von Messungsergebnissen zwischen Augen und zwischen Saugnäpfen bei dieser Methode nur sehr gering ist. Daraus folgt, daß für jede Messung eine gesonderte Eichung erforderlich ist. Dies berücksichtigend konstruierte GALIN und Mitarbeiter (1969) eine perilimbale Saugkammer aus Aluminium oder Plastikmaterial, deren innerer Durchmesser 12 mm, der äußere Durchmesser 14 mm beträgt.

Zunächst werden mit Hilfe der Applanationstonometrie nach GOLDMANN in Stufen von 100 mm Hg Unterdruck intraokulare Druckmessungen durchgeführt und daraus für jeden Einzelfall eine Eichkurve gewonnen. Nach Rückkehr des Augeninnendruckes zu seinem Ausgangswert erfolgt dann die Blutdruckmessung

am Auge unter Beobachtung der Zentral-Arterie im umgekehrten Bild. Die bei den üblichen Kriterien gefundenen Werte werden über die Eichtabelle in mmHg-Werte umgerechnet.

Von Interesse ist, daß die Eichkurve nach oben flacher wird und daß die Seitendifferenzen bei Gesunden diastolisch bis 8 mmHg, systolisch bis 9 mmHg betragen konnten. Die durchschnittliche Seitendifferenz betrug diastolisch 1,8%, systolisch 2,3%.

Als besonderen Vorteil der Methode sehen die Verfasser die Vermeidung einiger Fehler an, die bei der Kompressionsdynamometrie auftreten, z.B. Abweichen von der exakt horizontalen Stempelführung, Reibung des Dynamometers gegen Lider und Finger und Abrutschen des Dynamometers. Alle diese Fehlermöglichkeiten machen bei der Kompressionsdynamometrie bekanntlich die Anwesenheit eines zweiten Untersuchers notwendig. Bei der Suctions-Ophthalmodynamometrie entfallen sie, da durch den Saugnapf der Bulbus still gestellt ist.

BEST, KELLY und GALIN (1970) beschrieben dann die Anwendung des Saugnapfes für die Registrierung und Messung okularer Pulse.

Nach Untersuchung des Einflusses des intraokularen Druckes auf die Pulsamplitude und die Pulsform stellen die Verfasser fest, daß die Registrierung bei einem Unterdruck von 40 cm Kochsalzlösung für den Nachweis von Karotisläsionen bei Kaninchen besonders geeignet ist.

Die Methode wurde dann von GALIN, BEST, PLECHATY und

NUSSBAUM (1972) an 22 Patienten, von denen 8 einen Karotisverschluß hatten, auf ihren Nutzen zur Diagnose dieser Erkrankung geprüft. Außer der Registrierung der Pulse wurde die Saugnapf-Ophthalmodynamometrie und Kompressions-Ophthalmodynamometrie, Applanations-Tonometrie, Tonographie mit und ohne Karotiskompression und Differential-Fluoreszenzangiographie angewandt.

Der negative Druck für die Pulsregistrierung betrug 60 cm H_2O. Die Auswertung der Augenpulssignale erfolgte über einen Signalaverager und Computer. Die Diagnose der Karotisstenose beruhte auf der Angiographie.

Die Beurteilung des okularen Pulses führte zu richtigen Ergebnissen bei 14 Patienten ohne Karotisstenose, bei einem Patienten mit Karotisstenose war das Ergebnis seitengleich, bei 7 Patienten entsprach die Pulswellenanalyse dem pathologischen Ausfall des Angiogramms. Bei der Ophthalmodynamometrie war die Diagnose in 2 von 8 Fällen nicht richtig, falsch positive Resultate traten bei ihr nicht auf. Die anderen angewandten Methoden erbrachten keine signifikanten Ergebnisse für die Unterscheidung zwischen Normalen und Patienten mit Carotisstenose.

Als besonderer Vorteil der Pulsregistrierung wird angesehen, daß schon eine 50%ige Reduzierung des Karotislumens zu pathologischen Ergebnissen führt, während für die Blutdruckmessung erst Differenzen bei Reduktion des Lumens um 85% angezeigt würden. Die Ergebnisse sind mit statistischen Methoden gesichert. In der Diskussion zu dieser Arbeit weist

aber HOLLENHORST auf die bekannte Tatsache hin, daß die okulare Pulsform und Größe auf sehr unterschiedlichen Einflüssen beruht, den Hauptanteil stellt die Kraft des Herzens. Die Verbindung zu den Ergebnissen der Ophthalmodynamometrie sei daher sehr eng. Bis zur Entwicklung eines vollautomatisierten Verfahrens wurden schrittweise Verbesserungen der ursprünglichen Methode beschrieben. So wurde in den Saugring eine Linse(FRIEDMANN negativ-pressure-lens) eingebaut, die die direkte Beobachtung am Fundus ermöglicht und zunächst eine halbautomatische Apparatur entwickelt, welche die Durchführung der Untersuchung durch eine Person erlaubt und die diastolischen und systolischen Endpunkte registriert (GALIN, BARAS, BEST und FRIEDMANN (1970)).

GALIN, BARAS und CAVERO (1969) führten Vergleichsmessungen zwischen Saugnapf- und Kompressions-Dynamometrie durch. Diese ergaben signifikant weniger Seitendifferenzen bei der Saugnapfmethode bei normalen Versuchspersonen.

Nach BEST und Mitarbeiter (1969) verbessert die Verwendung der FRIEDMANN negativ-pressure-lens die Genauigkeit der Methode noch weiter. Dies wird anhand der Bestimmung von Seitendifferenzen bei gesunden Personen (durchschnittlich 3,6 %) und bei 3 Patienten mit Karotisocclusion (über 20 %) dargestellt.

GREGUSS und GALIN beschrieben (1971) die vollautomatisierte Saugnapf-Ophthalmodynamometrie.

Durch leichten Druck auf einen Schalter wird die Druck-

steigerung reguliert, durch Druck auf den Memoryschalter wird der Druck beim Auftreten des gesuchten Kriteriums registriert. Der gesamte Messungsvorgang dauert bei Benützung dieses Gerätes nur 30 Sekunden.

GALVEZ MONTEZ schliesslich verglich (1971) die Ergebnisse der Kompressionsmethode und Saugnapfmethode unter Verwendung eines Gerätes nach MIKUNI (1965). Er verwendet jedoch keine aussagekräftigen Analysen für die Gegenüberstellung der beiden Methoden.

2.3 Ophthalmodynamographie

Vor allem im deutschsprachigen Schrifttum sind in der Berichtszeit eine große Anzahl von Arbeiten über die Ophthalmodynamographie erschienen. Die Methode ist in der Dissertation von LOSCH (1970) und anderweitig eingehend beschrieben worden. GENEE und JUHRAN (1969) untersuchten die Anwendbarkeit der Methode an Labortieren. Sie glauben, daß nur höhere Affen für experimentelle Zwecke brauchbar sind.

Da die klinischen Ergebnisse der Ophthalmodynamographie offenbar den in sie gesetzten Erwartungen nicht entsprachen, wurden immer wieder methodische Änderungen an der Apparatur vorgenommen. Eine zusammenfassende Darstellung dieses Arbeitsgebietes fand bei einem Symposium "Ophthalmodynamographie" unter der Leitung von J. FINKE in Stuttgart 1972 statt.

In seinem Schlußwort weist FINKE auf folgende Ergebnisse des Symposions hin:

1. Grundvoraussetzung für die Ophthalmodynamographie ist eine exakte Ableitetechnik. Wer die Methode neu übernimmt, bedarf der persönlichen Einarbeitung durch einen Erfahrenen. Bloßes Literaturstudium genügt nicht. Wünschenswert ist, daß die Ableitungen möglichst von ein und derselben Person, beispielsweise einer speziell geschulten und manuell geschickten medizinisch-technischen

Assistentin, durchgeführt werden. Die Herstellerfirma sollte den Käufer eines Gerätes auf die Notwendigkeit einer persönlichen Einarbeitung hinweisen.

2. Die doppelseitig synchrone Ableitung bietet große Vorteile gegenüber der früheren einseitigen Ableitung; sie ist heute als Standardmethode anzusehen.
3. Die Analyse der Pulsform bei Registrierung mit erhöhter Papiergeschwindigkeit schafft zusätzliche Aussagemöglichkeiten. Auch diese Variante wird sich immer mehr zur Standardmethode entwickeln. Es ist zu hoffen, daß die Herstellerfirma künftig nur noch solche apparativen Einheiten herstellt, die eine Registrierung mit erhöhter Papiergeschwindigkeit erlauben, ebenso wie eine doppelseitig-synchrone Aufzeichnung.
4. Durch die neue Haltevorrichtung sind frühere Fehlerquellen, insbesondere die sog. "relative kephale Hypertonie", beseitigt worden. Damit entfallen manche Ansatzpunkte für eine Kritik der Methode.
5. Erneut wurde deutlich, daß der Aussagewert durch wiederholte Untersuchungen (unter gleichen oder standardisiert-modifizierten Bedingungen) erhöht wird.
6. Normwerte müssen neu erarbeitet werden, beispielsweise für die ophthalmobrachiale Relation, für das sogenannte "Pulsationsvolumen" (unter verschiedenen Bedingungen und für andere Größen).

7. Aus einigen Referaten wurde deutlich, daß der gleichzeitige Einsatz mehrerer unblutiger Methoden besondere Vorteile bietet. Sie ergänzen sich in ihrem Aussagewert; die Fehlerquellen werden verringert. Derartige kombinierte Untersuchungen sind erfolgversprechend und noch weiter entwicklungsfähig.
8. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit sollte weiter ausgebaut werden. Es sei eindrucksvoll gewesen, bei dem Symposion Kollegen verschiedener Fachrichtungen miteinander produktiv diskutieren zu hören. Dabei habe sich gezeigt, daß Physiologen, Techniker, Ophthalmologen, Internisten, Anästhesisten, Neurochirurgen, Neurologen und Psychiater durchaus eine gemeinsame Sprache finden können.

Besonders klar schildert die Situation auf diesem Sektor eine Diskussionsbemerkung von FINKE, die im Wortlaut wiedergegeben werden soll:

"Ich glaube, daß die Diskussion hier an einem ganz wichtigen Punkt angelangt ist, wo es nicht mehr um Einzelfragen geht, sondern um folgendes Grundproblem:

Die Methode hat sich in den letzten Jahren, wie auch andere neuartige technische Verfahren, sehr rasch weiterentwickelt. Mehrfach sind apparative Änderungen erfolgt. Dadurch sind Geräte aus den verschiedensten Baujahren und aus den verschiedensten Entwicklungsstufen in Verwendung, teilweise noch mit nachträglich eingebauten Ergänzungen und Korrekturen. Man kann die Befunde, die mit so verschiedenartigen

Geräten gewonnen wurden, nicht mehr miteinander vergleichen. Dies betrifft auch die einzelnen Autoren selbst, sofern sie im Laufe der Jahre ihr Gerät einmal oder mehrmals gewechselt haben. Beispielsweise kann ich selbst mich nicht mehr festlegen lassen auf Befunde, die ich 1966 in der Monographie mitgeteilt habe. Sie sind teilweise überholt, weil die apparative Entwicklung darüber hinweggegangen ist. Andererseits sind gerade durch die damaligen Befunde Unstimmigkeiten zutage getreten, die die apparative Weiterentwicklung in Gang gesetzt haben mit dem Ergebnis, daß heute die relative kephale Hypertonie eliminiert ist. Ähnliches gilt für die damals vorgefundenen gerätespezifischen Abweichungen des Pulsationsvolumens."

HAGER fügte hinzu:" Ich darf dazu noch ergänzen, daß die apparative Weiterentwicklung wahrscheinlich schneller vonstatten gegangen wäre, wenn ich mich ausschließlich mit der Methode hätte beschäftigen können. Es war fast ein Handikap, daß die Methode relativ schnell Verbreitung fand. Es wäre im Grunde besser gewesen, man hätte noch 4 bis 5 Jahre lang weiter in der Stille gearbeitet".

Aus diesen Bemerkungen der an der Entwicklung der Ophthalmodynamographie besonders stark beteiligten Forscher geht recht eindeutig hervor, daß die bisher in die Methode gesetzten Hoffnungen bei kritischer Beurteilung nicht erfüllt werden konnten. Es erscheint so zunächst sehr fraglich, ob die letzten Änderungen an der Methode nun zu wirk-

lich brauchbaren Ergebnissen führen werden.

Eigenartig mutet es daher an, daß viele der in den letzten Jahren erschienenen Mitteilungen über die Ophthalmodynamographie zu einer recht positiven Beurteilung kamen, wenn auch die Zahl kritischer Beurteilungen deutlich zunimmt (siehe Kap. 3.5.2).

Es ist bekannt, daß bei der Ophthalmodynamographie häufig oder immer überhöhte Werte des Ophthalmica-Blutdruckes gemessen werden. Nicht selten werden Werte registriert, die über dem systolischen Oberarmblutdruck liegen, Ergebnisse also, die physikalisch nicht denkbar sind, da die Messungsstelle am Abgang der Arteria ophthalmica weiter peripher liegt als diejenige bei der Blutdruckmessung am Oberarm. Trotzdem fanden GARBSCH und Mitarbeiter (1966) beim Vergleich blutiger Messungen in der Carotis interna mit ophthalmodynamographischen Ergebnissen keinen statistisch gesicherten Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Methoden für systolischen und diastolischen Blutdruck.

Bei einer anderen Reihe, bei der der Blutdruck in der Arteria carotis communis gemessen wurde, lag das ophthalmodynamographische Ergebnis statistisch signifikant erheblich über dem der blutigen Blutdruckmessung. Leider fehlt bei diesen Untersuchungen die hierfür dringend erforderliche Berechnung der Korrelation, die erst den Beweis hätte liefern können, daß die behauptete Übertragbarkeit von Carotisblutdruckwerten auf die ophthalmodynamographischen Resultate erlaubt ist. Die blutigen Messungen in der Arteria

carotis communis sprechen sehr eindringlich gegen eine Übertragbarkeit.

Die Kritik an den Ergebnissen der Ophthalmodynamographie konzentriert sich besonders auf die häufigen Befunde, bei denen der Brachialisblutdruck niedriger ist als die ophthalmodynamographischen Werte. Nur vereinzelt wird noch die Meinung vertreten, daß tatsächlich am Ursprung der Arteria ophthalmica ein höherer Druck als am Oberarm vorliegen könne, ausgenommen von Fällen mit Subclavia-Stenosen.

Dabei wurde zu unrecht (BUCHTHAL und FINKE, 1972) der aus der Ophthalmodynamometrie übernommene Begriff der kephalen Hypertonie herangezogen, obwohl dieser sich nur auf eine relative Hypertonie im Verhältnis zum Oberarmblutdruck bezieht.

Im allgemeinen herrscht die Meinung vor, daß bei der Ophthalmodynamographie oft zu hohe Werte gemessen werden und daß dies vor allem auf Problemen der Druckankoppelung beruhe. Mit dieser Fragestellung haben sich de MAREES, BARBEY und HAGER (1968) eingehend beschäftigt. Hierfür wurden Blutdruckmessungen in der Tiefe des Orbitaltrichters durchgeführt, wobei eindeutig niedrigere Werte als die dynamographisch registrierten gemessen wurden. Ein hoher Tonus der quergestreiften äusseren Augenmuskeln und der Lidmuskulatur sollen für den Unterschied eine erhebliche Rolle spielen und die isolierte zerebrale Hypertonie vortäuschen (de MAREES und HAGER, 1969). Auch KASKEL, GRAFMANS und WEIGELIN,

1969) zeigten, daß die quergestreifte Augenmuskulatur das Ophthalmodynamogramm im Tierexperiment beeinflusst. In einer anderen Arbeit konnten KASKEL, AHLERT, SAYEGH und WEIGELIN (1971) dies auch an narkotisierten Patienten nachweisen.

ZURWEHME, LÜHR und HAHN (1968) untersuchten den Anstieg des dynamographisch registrierten Ophthalmica-Blutdruckes unter dem Meßvorgang selbst. Als Ursache komme eine wesentliche psychische Stimulierung des Patienten und ein über den Nervus Trigeminus fortgeleiteter Reflex an der peripheren Strombahn infrage. Ausserdem fand sich eine Abhängigkeit des diastolischen Ablesekriteriums von der Ausgangshöhe des Druckes in der Druckkammer.

BUCHTHAL und FINKE (1972) glauben, daß die überhöhten ophthalmodynamographischen Werte darauf zurückzuführen sind, daß die Druckkapsel früher mit einem federnden Leinengurtsystem am Schädel befestigt wurde. Seitdem ein Stahlgurt angewendet wird, sollen unter 850 untersuchten Fällen keine überhöhten ophthalmodynamographischen Resultate mehr aufgetreten sein. Die Druckkapseln werden mit einer Druckanlagekammer von 2-3 kg zunächst federnd an die Orbitae gepresst, sodann das Federsystem durch Feststellschrauben in ein starres System umgewandelt. Da ein Abheben der Druckkapsel so nicht mehr möglich sei, könne sich der Druck des Ballons in der Druckkapsel ohne Verluste voll auf den Orbitalinhalt auswirken.

Dabei ist sicher nicht berücksichtigt, daß der Augapfel nicht unbegrenzt in die Orbita rückverlagert werden kann und daß die Fissuren der Orbita bei erhöhtem Druck in derselben eine, wenn auch beschränkte, Volumenvergrößerung verursachen müssen.

BUCHTHAL und FINKE (1972) kamen zu dem Ergebnis, daß die relative kephale Hypertonie als ein meßmethodisches Fehlresultat anzusehen sei. Sie vergessen allerdings darauf hinzuweisen, daß mit dieser Feststellung auch die Zuverlässigkeit aller anderen Resultate, die mit dieser Methode früher erzielt wurden, anzuzweifeln ist.

Interessante methodische Untersuchungen über die Meßfehler der Ophthalmodynamographie haben SAYEGH und ODWARKA (1969) durchgeführt. Sie fanden, daß die Ablesegenauigkeit der Dynamographie durch zwei verschiedene Untersucher ausreichend ist und zwar für systolische Werte deutlich besser als für diastolische. Auch die Zweifachbestimmung ergab eine ausreichende Reproduzierbarkeit des Messungsergebnisses. In Beziehung auf die Pulsamplitude fand sich eine Abhängigkeit vom Grad der Ankopplung der Abnahmekammer und von der Ballongröße.

Trotzdem kam SAYEGH (1970) zu dem Ergebnis, daß die ophthalmodynamographischen Methoden mindestens für die Beurteilung der zerebralen Zirkulation und für die Beurteilung der Wirkung von Medikamenten am Gehirnkreislauf nicht geeignet ist. Er gelangt zu diesem Urteil auf Grund von Unter-

suchungen der Korrelationen zwischen den Ergebnissen der Ophthalmodynamographie, der Ophthalmodynamometrie und der Oberarmblutdruckmessung. Die Korrelationskoeffizienten für die Ophthalmodynamographie liegen deutlich unter denen für die Ophthalmodynamometrie für die Beziehung zum Oberarmblutdruck. Da aus physikalischen Gründen eine enge Korrelation zwischen beiden Blutdrucken bei normalen Kreislaufverhältnissen vorausgesetzt werden muss, ergibt sich, daß die Ophthalmodynamographie als Methode zur Blutdruckmessung in der Arteria ophthalmica wegen ungenügender Genauigkeit ausscheidet.

Dieser Beurteilung schliessen sich auch BETTELHEIM und KESSARIS (1969) an. Abschliessend stellten sie fest, daß die in der Literatur immer wieder mitgeteilten Diskrepanzen zwischen Ophthalmica- und Brachialisblutdruck im Sinne der sogenannten kephalen Hypertonie (SIEDEK und KLEIN, 1965) weniger dem Einfluß des orbitalen Muskeltonus auf den Ankoppelungsdruck zuzuschreiben sind als vielmehr der prinzipiellen Unzulänglichkeit eines oscillographischen Verfahrens für das Erfassen genauer Blutdruckwerte.

Ausserdem ergaben ihre Untersuchungen, daß durch die Akinesie des Musculus orbicularis oculi die ophthalmodynamographisch ermittelten Druckwerte nicht verändert wurden und daß die Höhe der orbitalen Pulsvolumina meist abnahm. Der Einfluß des orbitalen Muskeltonus auf den dynamographischen Ankoppelungsdruck könne daher vernachlässigt werden. Dieser Meinung schliesst sich VERZELLA (1971) in seiner Arbeit

über die Pathophysiogenese des Ophthalmodynamogrammes an.

Nach dieser Feststellung konzentrierten die Benutzer der Ophthalmodynamographie ihr Interesse vor allem auf die mit der Methode verbundene oscillographische Registrierung.

BETTELHEIM und TILL (1974) fanden extreme Seitendifferenzen der Pulsationsvolumina bei Carotis-Sinus cavernosus Fisteln und verglichen diese Ergebnisse mit denen der Echo-Orbitographie.

BEER und STRÄTZ (1970) äussern allerdings den Verdacht, daß auch Pulsvolumendifferenzen bei der Ophthalmodynamographie durch Kreislaufreaktionen ausgelöst werden können. Sie sind der Meinung, daß die von ihnen an 50 Patienten ohne Hinweis auf eine Störung im Bereich cerebraler Gefäße gefundenen Differenzen (bis 60 mm^3) durch Vagusreizung verursacht werden. Der auf den Bulbus ausgeübte Druck löse einen okulokardialen Reflex aus, der durch Atropin gedämpft werden könne. Die Untersuchungen wurden mit Hilfe statistischer Methoden ausgewertet.

DERKA (1969) weist daraufhin, daß scheinbare Veränderungen des Pulsvolumens sich aus

1. Änderungen des Volumens des pneumatischen Übertragungssystemes,
2. Änderungen des Druckes im pneumatischen Übertragungssystem,
3. Änderungen der Empfindlichkeitseinstellung des Schreibgerätes,

4. Nichtbeachtung von Eichzackenseitendifferenzen und
5. aus der Eichmethode, welche statische Eichzacken mit dynamisch gewonnenen Pulszacken vergleicht,

ergeben können.

Die instrumentbedingten Abweichungen sind so groß, daß Pulsvolumenänderungen von ± 33% und damit Carotisstenosen vorgetäuscht werden können. Voraussetzung für die Gewinnung exakter Pulsvolumenwerte ist die strenge Einhaltung der Abnahmevorschriften, die Unterlassung der Schreibegeräteempfindlichkeitsverstellung und beidseitige Eichzackenschreibung. Erst auf solche Art gewonnene Ergebnisse erlauben sowohl fehlerfreie Rechts-Links-vergleiche als auch zeitlich und örtlich auseinanderliegende Kontrolluntersuchungen desselben oder verschiedener Patienten. Schließlich ging DERKA an Hand gewebsvolumetrischer Untersuchungen darauf ein, in welchem Umfang die einzelnen Gewebsbestandteile der Orbita an der Entstehung des orbitalen Oszillogramms bei der ODG beteiligt sind. Er führte seine Messungen an 4 Leichen alter Menschen durch und fand folgende prozentuale Durchschnittswerte:

Lider 23,7 ± 5,2%
Bulbus/Opticus 27,0 ± 2,3%
Fett 25,8 ± 5,2%
Muskel 23,5 ± 2,6%.

Da Bulbus und Sehnerv das Oszillogramm nachweislich nicht beeinflussen, beträgt der Anteil der Lider allein mindestens ca. 32%, wahrscheinlich mehr, weil das orbitale Fettgewebe

nicht, wie bei seiner Umrechnung zunächst angenommen, gleich gut sondern schlechter als die beiden anderen Einflußgebiete durchblutet ist.

3 Klinische Ergebnisse

3.1 Übersichtsarbeiten

Bevor die wichtigsten Arbeitsgebiete der Blutdruckmessung am Auge in Einzelkapiteln besprochen werden, soll über einige Übersichtsarbeiten berichtet werden. Hier ist zunächst die Monographie von ULRICH (1976) "Grundlagen und Methodik der Ophthalmodynamometrie, Ophthalmodynamographie und Temporalisdynamographie" zu erwähnen. Das Buch soll eine Basis für künftige Untersuchungen mit dieser Methode schaffen und die Funktion eines praktischen Wegweisers bei der Bewertung der Meßdaten erfüllen. Dementsprechend werden unter Vermeidung aller bisher bekannten Fehlermöglichkeiten gewonnene Normdaten aufgeführt, nachdem die anatomischen und physiologischen Grundlagen genau beschrieben wurden.

Für die Saugnapf-Dynamometrie wurden Regressionsgleichungen aufgestellt, die von denen der Kompressions-Dynamometrie erheblich abweichen. Die Korrelationskoeffizienten für diese Beziehungen liegen im Sitzen systolisch bei 0,86, diastolisch nur bei 0,58 und für den Mitteldruck bei 0,78, also wesentlich niedriger als bei der Dynamometrie.

Für die Ophthalmodynamographie werden die von SAYEGH und Mitarbeiter gefundenen Korrelationskoeffizienten weitgehend bestätigt.

Besprochen werden weiterhin andere Verfahren zur Blutdruckmessung und Pulskurvenschreibung im Bereich des Auges.

Nach einer berechtigten Kritik der Ultraschall-Ophthalmodynamometrie nach BAUER schildert ULRICH (1976) sein Ultraschallsaugnapfdynamometer. Bei der Auswertung wird die Eichkurve nach HAYATSU verwendet. Die Meßwerte zeigen eine gute Übereinstimmung mit denen der konventionellen Saugnapfdynamometrie. MAKABE (1973) schildert die verschiedenen Möglichkeiten und Anwendungsgebiete der Blutdruckmessung am Auge in übersichtlicher Form.

WEIGELIN (1970) weist daraufhin, daß ein"dynamometrischer Test" für die Diagnose der Karotisstenose ausreicht, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. der Augeninnendruck beidseits gleich oder fast gleich ist ($\pm$ 3 mm Hg),
2. keine erhebliche Anisometropie vorliegt ($\pm$ 5 dptr.),
3. die Arteria ophthalmica beidseits durchgängig ist,
4. die Arteria centralis retinae beidseits durchgängig ist,
5. keine Zentralvenenthrombose und
6. keine Arrhythmie vorliegt,
7. wenn keine beidseitige Carotisstenose besteht.

Allerdings sei es unbedingt erforderlich, auch den systolischen Wert zu messen, da dieser, wie bei allen Gefäßstenosen distal deutlicher reduziert ist als der diastolische. Erwähnt werden in dieser Arbeit weiterhin die Untersuchungen des intracraniellen Kreislaufs mit Hilfe der Dynamome-

trie, die sich bei der Prüfung der Wirkung von Medikamenten am Gehirnkreislauf bewährt habe.

NIESEL (1969) beschreibt die Technik der Ophthalmodynamometrie, wobei er vor allem auf die Probleme der Bestimmung des durch die Gewichtsbelastung erreichten Augeninnendruckes hinweist. Erstmals finden sich in seiner Arbeit Hinweise auf die Notwendigkeit einer Standardisierung, die inzwischen weitgehend verwirklicht werden konnte (ZIESMER et al., 1973). Eingehend wird sodann die Deutung der Ergebnisse und die Indikationsstellung besprochen.

GAY (1968) weist auf die bekannten Vor- und Nachteile der Dynamometrie hin und zählt als Kontraindikationen äussere Augenentzündung, Dislokatio lentis, akuter Herzschaden und früher durchgemachte Netzhautabhebung auf. Bei der Auswertung beschränkt er sich im wesentlichen auf die Beurteilung von Seitendifferenzen, lediglich bei bilateraler Carotisstenose spiele der Vergleich mit dem Oberarmblutdruck eine gewisse Rolle. Verwendet werden von ihm allerdings nur diastolische Meßwerte. Andere Anwendungsgebiete der Methode seien die orthostatische Hypotonie und die Diagnose des Verschlusses der Vertebrobasilararterien, wobei der Ophthalmicablutdruck deutlich erhöht sei im Verhältnis zum Oberarmblutdruck, arteriovenöse Fisteln im Karotiskreislauf, Erfolgsprüfung einer Karotisligatur und chirurgischer Eingriffe bei Karotisocclusion.

NIESEL (1971) erwähnt in einer Arbeit "Zur Klinik und Therapie der akuten Gefäßverschlüsse" Ophthalmodynamometrie

und Ophthalmodynamographie als sinnvolle diagnostische Untersuchungsmethoden zur raschen Aufklärung einer Mitbeteiligung der Arteria ophthalmica, z.B. bei Arteriitis temporalis. Auch über die Ophthalmodynamographie liegen einige Übersichtsarbeiten vor. MEYER-ERKELENZ (1972) weist nach Schilderung von Vorteilen der Methode auf zwei störende Nachteile hin. Subjektiv unangenehme optische Sensationen und Auslösung des okulokardialen Reflexes. Trotz mancher berechtigter Einwände aus hämodynamischer Sicht habe sich die Ophthalmodynamographie für die klinische Praxis bei entsprechender kritischer Einstellung des Untersuchers bewährt. FINKE und BUCHTHAL (1973) äußern sich nach Beschreibung der Technik über die Anwendungsgebiete der Ophthalmodynamographie. Sie betonen, daß durch die Verwendung der Stahlgurte zur Fixierung der Druckkapsel die Resultate verbessert wurden und enden mit der Aufforderung, bei der Auswertung der ophthalmodynamographischen Befunde besondere Zurückhaltung und Kritik gelten zu lassen. Das Ophthalmodynamogramm habe vor allem als Hilfsmethode die Aufgabe, die differentialdiagnostischen und therapeutischen Erwägungen mehr in die eine oder andere Richtung zu lenken.

Einen vergleichenden Überblick über die Ophthalmodynamometrie und Ophthalmodynamographie gab FOLLMANN (1974). Zusammenfassend stellt sie fest, daß die beiden Methoden wesentlich unterschiedliche Prozeduren darstellen. Zur Zeit dürfte die Ophthalmodynamometrie zuverlässigere Resultate geben, die Anwendung beider Methoden jedoch manchmal zusätz-

liche Information vermitteln.

Zum gleichen Thema äussert sich BETTELHEIM (1969) in einer umfangreichen Arbeit, wobei er sehr eingehend auch die historische Entwicklung schildert. Interessant ist die kombinierte Anwendung beider Methoden, da sie die Unterscheidung von Thrombosen der Carotis mit und ohne Kollateralkreislauf über den Circulus arteriosus Willisii ermögliche. Die Thrombose der Arteria carotis mit Kollateralkreislauf über den Circulus arteriosus Willisii führe bei beiden Methoden zu erniedrigten Werten, die mit Arteria carotis externa-Arteria ophthalmica-Anastomosen lassen nur bei der Dynamometrie reduzierte Werte erkennen. Die Trefferquote für die Diagnose der Carotisverschlüsse werde dadurch verbessert. Ähnliches gelte auch für die Differentialdiagnose zwischen sklerotischen und arteriitischen Gefäßerkrankungen der Orbita. Für die Untersuchung von Hypotonikern und Patienten mit vasomotorischen Kopfschmerzen sowie für funktionelle Untersuchungen ist die Ophthalmodynamometrie überlegen.

In einem umfangreichen Referat für die Societé d'Ophtalmologie de Paris berichteten MORAX, ARON-ROSA und GAUTIER (1970) über Ophthalmologische Symptome und Krankheitszeichen der Carotisstenosen und-verschlüsse. Eingehend werden dabei der Nutzen der Ophthalmodynamometrie, ihre physikalischen Grundlagen und ihre Anwendungsgebiete geschildert. Über die Ergebnisse der Untersuchungen wird im Kapitel "Carotisverschlüsse" berichtet. Auch die Methode der ODG wird dargestellt.

3.2 Patho-physiologische Probleme

Zunächst sei über einige Arbeiten berichtet, bei denen der Blutdruck im Inneren des Auges selbst oder dem Zufluß zum Auge blutig gemessen wurde, sofern es sich nicht ausschliesslich um Probleme des Karotis-Verschlusses (siehe 3.4) handelt.

BEST und Mitarbeiter (1971) beschäftigten sich mit der Elastizität der Blutgefäße bei Erkrankungen, die die intraokulare Blutzirkulation betreffen. Zur Messung der Dehnbarkeit der intraokularen Gefäße wurden zwei Methoden entwickelt. Bestimmt wurden:

1. Druck-Durchflußbeziehungen, um die Merkmale des elastischen Gefäßwiderstandes zu beurteilen,
2. Volumenänderungen bei schrittweiser Änderung des Perfusionsdruckes.

Die Untersuchungen wurden an lebenden Katzenaugen und am perfundierten, enukleierten Auge durchgeführt.

Am lebenden Auge wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Die Höhe des intraokularen Druckes steht in direkter Beziehung zum Anstieg des Perfusionsdruckes bei der Messung in einer Ciliararterie. Daraus wurde die entsprechende Volumenänderung des Auges berechnet. Zwischen den beiden Größen ergibt sich eine semilogarithmische Beziehung, deren

Anstiegswinkel als Koeffizient der Gefäßrigidität bezeichnet wird. Dieser Koeffizient liegt bei den sieben durchgeführten Tierversuchen zwischen 0,0214 und 0,0196.

Bei den enukleierten Augen entsprach die okuläre Rigidität weitgehend derjenigen, die am lebenden Auge desselben Tieres gemessen worden war. Dagegen war die Gefäßrigidität jetzt nicht mehr konstant, sondern abhängig von der Basislinie des Perfusionsdruckes durch die Arteria ophthalmica. Wird der Perfusionsdruck von 0 mm Hg schnell um 60-120 mm Hg erhöht, so ergibt sich ein wesentlich stärkerer Anstieg des Augeninnendruckes, als wenn die Blutdrucksteigerung von einem Niveau von 50 mm Hg ausgeht.

Über die Druckvolumenkurve wurden die entsprechenden Volumenänderungen des Auges berechnet. Sie stehen zum Endwert des Perfusionsdruckes wiederum in einer semilogarithmischen Relation, wobei der Anstiegswinkel für die Ausglangslage 50 mm Hg steiler als für die Ausgangslage 0 mm Hg ist. Dementsprechend resultieren höhere Werte für die Gefäßrigidität bei Verwendung der Werte bei höherer Ausgangslage. Für diesen Fall besteht kein signifikanter Unterschied gegenüber den am lebenden Auge gewonnenen Werten. Der Koeffizient der Gefäßrigidität im Auge der lebenden Katze beträgt 0,0203 $\pm$ 0,0003. Der Unterschied zur Ausgangslage 0 mm Hg wird damit erklärt, daß in diesem Fall die Ausdehnung von Gefäßen von einem Kollapszustand ausgeht, ein bestimmtes Flüssigkeitsvolumen muß dann in das Gefäßbett einströmen, bevor die

elastischen Komponenten der Gefäßwände in Anspruch genommen werden.

Die Untersuchungen bedeuten den Nachweis der Brauchbarkeit der Karotis-Kompressions-Tonographie für die Diagnose von Karotis-Verschlüssen (siehe Abschnitt 2).

Dem gleichen Zweck dient eine andere Arbeit von BEST et al. (1970), wobei der Einfluß der Sympathikusreizung auf Blutdruck und intraokulares Blutvolumen bei akutem Verschluß der Arteria carotis communis untersucht wurde. Alle Veränderungen wurden durch cervicale Sympathicusreizung reduziert, es zeigte sich, daß die Blutvolumenänderung des Auges dem sogenannten effektiven Perfusionsdruck (Ciliararteriendruck-Intraokulardruck) korreliert ist und ein Maß für den Wanddruck der okularen Blutgefäße darstellt. Diejenige Höhe des Perfusionsdruckes, bei der nach plötzlicher Occlusion der Arteria carotis communis die größte Volumenänderung auftritt, entspricht dem "critical closing pressure" der intraokularen Blutgefäße. Dieser nähert sich dem Nullwert ohne Sympathicusreizung und ist 10 und mehr mm Hg, wenn der Sympathicus gereizt wird.

TAKATS (1971) untersuchte anhand von blutigen Messungen an hinteren Ciliararterien und Femoralarterien an 52 Katzen (Nembutalnarkose) den Einfluß elektrischer Reizung der kurzen Ciliarnerven auf den allgemeinen und örtlichen Blutdruck. An beiden Messungsstellen kam es zum Blutdruckabfall, dieser blieb aus, wenn die Fasern der Ciliarnerven distal von der

Reizstelle durchtrennt wurden, wodurch die Annahme bestätigt wird, daß die Impulse von den Oculomotoriusnervenendigungen zum Trigeminus übertragen werden, der sie ans zentrale Nervensystem weiterleitet.

In einer sehr interessanten Arbeit untersuchen HAYREH und EDWARDS (1971) den Einfluß akuter intracranieller Drucksteigerung auf arteriellen und venösen Ophthalmica-Blutdruck an Rhesusaffen.

Eine enge Beziehung zum zentralen Blutdruck wurde gefunden, die Gleichungen am normalen Tier lauten:

Syst. OAP = 0,80 x syst. BP - 8,63 mm Hg,

diast. OAP = 0,8 x diast. BP + 6,95 mm Hg.

Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,9 bzw. 0,98.
(OAP = Ophthalmicablutdruck, BP = allgemeiner Blutdruck)

Bei Steigerung des Hirndrucks fällt der systolische Ophthalmica-Blutdruck im Verhältnis zum zentralen Blutdruck ab, während der diastolische sich wenig ändert.

Der Druck in der Vena ophthalmica betrug im Durchschnitt 3,9 $\pm$ 1,3 mm Hg. Zu intracranieller Drucksteigerung bestand eine enge Korrelation, ebenso zum Druck im oberen Sinus sagittalis während verschiedener Phasen der intracraniellen Drucksteigerung, auch bei plötzlichem Absinken des vorher erhöhten Druckes blieb eine enge Korrelation erhalten.

Nach diesen Untersuchungen ist anzunehmen, daß der systolische Blutdruck dynamometrisch etwas zu hoch, der diasto-

lische zu niedrig gemessen wird, während für den Mitteldruck, als der Grundlage dynamometrischer Auswertung,recht gute Übereinstimmung besteht.

Bei Steigerung des Druckes der cerebro-spinalen Flüssigkeit fiel der allgemeine Blutdruck zunächst leicht ab, um dann anzusteigen, wobei der Höchstwert meist bei 30-40 mmHg CSFP (= Cerebrospinal fluid pressure) erreicht wurde. Bei noch höheren Werten fiel der Blutdruck wieder ab.

HAYREH (1971) vertritt die Ansicht, daß der wesentliche Faktor für die Korrelation zwischen CSFP und orbitalem Venendruck der Druck im Sinus cavernosus ist, da kein Grund zur Annahme bestehe, daß der Druck in den intracraniellen venösen Sinus nicht gleich sei und seine Messungen im Sinus sagittalis sehr eng mit dem orbitalen Venendruck korreliert waren. Bei seinen Versuchen sah er jedoch keine Entstehung eines Papillenödems, weshalb er glaubt, daß erhöhter orbitaler Venendruck keine Beziehung zur Entstehung der Stauungspapille habe, auch für die Entstehung präretinaler Blutungen reiche die Steigerung des Blutdruckes in orbitalen Venen als Erklärung nicht aus.

Nur am Rande berühren die Probleme von Blutdruckmessungen am Auge eine Arbeit von KASKEL et al. (1969). Untersucht wurde der Einfluß des vaskulären Perfusionsdruckes des Auges am eben gestorbenen Tier (Kaninchen) bzw. an lebenden Tieren unter Aortenkompression auf den IOP. Am toten Tier ergab sich eine enge Beziehung zwischen Perfusionsdruck,

kolloidosmotischem Druck und Ausgangswert des Augeninnendrucks zu dem sich einstellenden, manometrisch gemessenen intraokularen Druck. Der Erwartungswert lässt sich mit einem Bestimmtheitsmaß von 90% durch die anderen der genannten Größen berechnen.

Deutlich niedriger liegt die Beziehung zwischen dem durch Aortenkompression veränderten Blutdruck im Kopfbereich und dem Augeninnendruck (R = + 0,72).

3.3 Einfluß von CO_2- und O_2-Atmung

Hier ist über Untersuchungen zu berichten, bei denen der Einfluß von CO_2-Atmung auf den Gehirnkreislauf mit der Ophthalmodynamographie kritisch beurteilt wird. DERKA und JENKER (1973) ließen 25 Probanden 8% CO_2 einatmen. Dadurch verringerten sich die Pulsationsvolumina des Ophthalmodynamogramms um 25%, während die mit der Rheoencephalographie ermittelten Werte der Gehirndruchblutung um 12% anstiegen. Hieraus ergebe sich, daß aus den Resultaten der Ophthalmodynamographie ein Rückschluß auf Änderungen des cerebralen Kreislaufs nicht zulässig sei. In einer weiteren Arbeit zeigte DERKA (1973), daß es bei Atmung von reinem Sauerstoff bei 21 Probanden zwar zu einer Verminderung der Pulsationsvolumina bei der ODG im Durchschnitt um 8,7% kommt, jedoch war dieses Ergebnis statistisch wegen der hohen Streuung der Einzelwerte ohne Aussagekraft.

Mit demselben Gebiet beschäftigten sich BERGMANN und Mitarbeiter (1973). Sie fanden allerdings, daß mit dem Anstieg des $PaCO_2$ eine Zunahme des orbitalen Pulsationsvolumen (PV) verbunden war bei gleichzeitigem Blutdruckanstieg an beiden Messungsstellen.

Entgegen den Erwartungen wurden aber auch mit zunehmendem PaO_2 eine Zunahme der Pulsationsvolumina erzielt. Auch hier stieg der Blutdruck an, was nicht den experimentellen

bekannten Effekten des PaO_2 auf die cerebralen Gefäße entspricht. Die Ergebnisse wurden mit statistischen Methoden geprüft und für signifikant befunden. Den Unterschied gegenüber der Arbeit von DERKA (1973) erklären die Autoren damit, daß bei dieser trotz Einatmung von Oxymix die arterielle CO_2-Spannung unverändert geblieben sei. Sie kommen zu dem Schluß, daß die von ihnen gefundenen Ergebnisse einer Vergrößerung der Pulsationsvolumina als Ausdruck einer durch CO_2 hervorgerufenen Durchblutungssteigerung zu betrachten seien. Am nachhaltigsten beeinflusse der mittlere Ophthalmicablutdruck und der Blutdruck in den orbitalen Gefäßen das orbitale Pulsationsvolumen.

3.4 Gefässkrankheiten

Eine große Anzahl von Arbeiten aus der Berichtszeit beschäftigt sich mit der Frage, welchen Beitrag Blutdruckmessungen am Auge zur Diagnose lokaler, cerebraler und generalisierter Gefäßerkrankungen liefern können. Hierbei steht im Vordergrund des Interesses nach wie vor die Stenose oder der Verschluß einer Arteria carotis communis bzw. Arteria carotis interna. Auf speziell dieses Krankheitsbild betreffende Arbeiten soll daher in einem eigenen Abschnitt eingegangen werden.

Zu erwähnen ist eine Übersichtsarbeit von LANSCHE (1968) "Ocular Manifestations of Strokes". Besprochen wird zunächst die Arteriosklerose der Arteria carotis interna als Ursache wichtiger Veränderungen an den Augen. Auch wenn die Stenose hämodynamisch keine klinischen Konsequenzen mit sich bringt (Einengung weniger als 50%), kann sie das Leitsymptom der amaurosis fugax über Ablösung wandständiger Thrombi auslösen. Neben organischen Befunden im Bereiche der Netzhautgefäße bzw. des Netzhautgewebes, an der Papille und am vorderen Augenabschnitt sowie Gesichtsfeldausfällen wird als ein wesentliches Krankheitszeichen die Herabsetzung des Ophthalmica-Blutdruckes auf der erkrankten Seite angeführt und auf die Beziehung zu vorübergehenden cerebro-ischämischen Attacken hingewiesen, die ebenfalls durch Loslösung von Wandthromben hervorgerufen werden.

Nach einer eingehenden Darstellung cerebraler Syndrome, die im Zusammenhang mit der Erkrankung der Carotis auftreten können, wird die Blutdruckmessung am Auge mit Hilfe der Ophthalmodynamometrie eingehend geschildert und darauf hingewiesen, daß die Methode von jedem Arzt anwendbar ist. Gewarnt wird vor Anwendung an hochgradig myopen Augen, an Augen, die früher eine Netzhautabhebung hatten oder eine perforierende Verletzung. Wenig Information liefere die Messung bei der Aufdeckung beidseitiger oder geringer Stenosen der Carotis und bei Verschlüssen im System der Arteria vertebralis und basilaris.

Auch gut ausgebildete Kollateralzirkulation führe zu falschen diagnostischen Schlüssen.

BETTELHEIM (1969) kommt in einer Arbeit über die Bedeutung der Ophthalmodynamographie für die Beurteilung der Durchblutung des Kopfes zu dem Ergebnis, daß der Schwerpunkt der Methode bei der Diagnose der Karotisverschlüsse und der Differenzierung von Störungen der okularen Zirkulation liege. Interessante Informationen ergeben sich bei Glaukompatienten und solchen mit Carotis-Sinus-cavernosus-Fisteln. Die Ergebnisse seien beeinflusst durch vaskuläre Reaktionen innerhalb der Orbita und im Carotis Externabereich, was einen Nachteil gegenüber der Ophthalmodynamometrie darstelle.

Die besten Ergebnisse würden erzielt, wenn man beide Methoden gemeinsam anwendet.

SAYEGH et al. (1970) kommen auf Grund statistischer Untersuchungen über das Verhältnis Ophthalmicablutdruck zu Oberarmblutdruck zu dem Ergebnis, daß auf Grund der wesentlich besseren Korrelation die Ophthalmodynamometrie für funktionelle Untersuchungen am cerebralen Kreislauf geeigneter sei als die Ophthalmodynamographie und daß sich für die Diagnose von Gefäßverschlüssen im Bereich der großen Halsgefäße beide Methoden ergänzen. Eine genaue Lokalisation des Verschlusses sei nur über die Karotisangiographie möglich.

Der Spannungszustand der quergestreiften intraorbitalen Muskulatur übe einen Einfluß auf das Ergebnis des Ophthalmodynamogramms aus.

Bereits früher hat de MAREES (1968 und 1969) den Einfluß der vollständigen Relaxation in Narkose mit Curare über die quergestreifte orbitale- und Lidmuskulatur nachgewiesen.

Interessante Befunde teilten BETTELHEIM (1968) sowie MAPELLI und Mitarbeiter (1972) beim Krankheitsbild des Carotis-Sinus-cavernosus-Aneurysmas mit. Das klinische Bild macht die Diagnose dieser Erkrankung zwar im allgemeinen einfach, jedoch konnten GERLACH und Mitarbeiter (1962) zeigen, daß auch arteriovenöse Aneurysmen innerhalb der Orbita entsprechende Symptome auslösen können, ebenso wie gefäßreiche orbitale Tumoren und ausnahmsweise Varizen der Orbita.

Beim Aneurysma im Sinus cavernosus sind nun die ophthalmodynamometrischen Ergebnisse nach mehreren Untersuchern

meist normal. Über die orbitale Zirkulationsstörung kommt es aber bei der Ophthalmodynamographie zu einer markanten Reaktion in Form von einer enormen Zunahme der Pulsationen auf der Seite des Aneurysmas. MAPELLI (1972) beschreibt darüber hinaus noch eine Änderung der Form der Oscillogramm-Kurve, die "Kurvenspindel". Diese sei umso weiter nach rechts verlagert und umso ausgezogener, je größer die Differenz zwischen diastolischem Ophthalmica-Blutdruck und der Stelle des größten Oscillationsausschlages sei. Auch ARDOUIN und Mitarbeiter (1973) bestätigen diese Befunde an Hand eigener Fälle.

In einem weiteren Fall haben van WEZER und Mitarbeiter (1970) einen Patienten mit Takyasuscher Erkrankung dynamographisch untersucht. Eine ausgezeichnete Arbeit, in der 17 Fälle dieser Erkrankung (Aortenbogen-Syndrom) untersucht wurden, legen FOLLMANN und Mitarbeiter (1969) vor. Die Verfasser gehören zu den ersten, die deutlich darauf hinweisen, daß es sich bei der Ophthalmodynamographie um eine Methode zur Aufnahme bulbo-orbitaler Oscillogramme unter klinischen Bedingungen handelt, während sie nur unzuverlässige Rückschlüsse auf die Blutdruckhöhe in der Arteria ophthalmica erlaube. Die Ergebnisse wurden mit dem tonographischen Carotiskompressionstest nach Mc LINN verglichen. Gemessen wurde die Pulswellengeschwindigkeit in der Arteria carotis interna, die peak-to-peak Zeit der Carotispulsationen und diejenigen des bulbo-orbitalen Oscillogramms. Sieben Patienten

wiesen ein subclavian steal syndrome auf, durch welches der Blutzufluß zum Gehirn reduziert wurde. Im Gegensatz zur Carotisstenose, bei der der diastolische Ophthalmicablutdruck nur mässig oder nicht erniedrigt ist, fand FOLLMANN hierbei eine starke Senkung sowohl des diastolischen Blutdruckes in der Arteria ophthalmica als auch des systolischen mit Hilfe der Ophthalmodynamometrie. Die Pulswellengeschwindigkeit und die peak-to-peak-Zeit sind dann normal, während sie bei gleichzeitigem Befall der Carotis verlängert sind; in beiden Fällen ist das Pulsationsvolumen verringert. Bei Verschluß der Arteria subclavia waren die Ergebnisse unterschiedlich. Die Korrelation zwischen Amplitude der kornealen Pulswellen und peak-to-peak-Zeit der Oscillogramme war nur schwach, eine lineare Regression lässt sich nicht aufstellen. Etwas günstiger waren die Ergebnisse für die quadratische Regression. NEUNER (1969) berichtet über ophthalmodynamometrische Ergebnisse bei Patienten mit Cushing-Syndrom. Mit Hilfe der Auswertung nach WEIGELIN und LOBSTEIN konnte er dynamometrisch zeigen, daß die Gehirndurchblutung im allgemeinen bei dieser Erkrankung normal ist und daß sich der cerebro-vasculäre Widerstand nur dann postoperativ in Richtung der Normalisierung ändert, wenn er präoperativ abnorm war.

Zehn Patienten mit Keilbeinmeningiomen untersuchte WACHHOLZ (1972) ophthalmodynamographisch. Er fand eine erhöhte Pulsationsamplitude und erhöhtes Pulsationsvolumen. Er be-

trachtet dies als Bestätigung dafür, daß die Ophthalmodynamographie in erster Linie als orbitale Oscillographie zu beurteilen ist.

Sehr klar stellte SAYEGH (1972) die Möglichkeiten und Grenzen der Ophthalmodynamographie dar, indem er Vergleichsuntersuchungen mit der Ophthalmodynamometrie durchführte. Auf Grund der schon früher referierten mäßigen Korrelation zwischen Ophthalmodynamographie und Oberarmblutdruck (B=43,6%) kommt er zu dem Ergebnis, daß das Messungsresultat bei der Ophthalmodynamographie von wesentlichen Störungsfaktoren mit beeinflusst wird. Trotzdem liefert die Ophthalmodynamographie bei Fällen mit groben Kreislaufveränderungen vor allem beim Carotis- und Ophthalmicaverschluß die Differentialdiagnose zum Zentralarterienverschluß sowie beim Carotis-interna-Verschluß brauchbare Informationen. Bei extrem engen Pupillen und Anophthalmus kann sie dann die Dynamometrie ersetzen.

Bei pathologischen Ergebnissen der Ophthalmodynamometrie sowohl im Sinne eines erhöhten als auch erniedrigten intracraniellen Strömungswiderstandes im Carotisgebiet ist keinerlei Übereinstimmung mit der Ophthalmodynamographie vorhanden, nur in einem von 75 Fällen führte die Ophthalmodynamographie zur richtigen Diagnose einer intracraniellen Kreislaufstörung. Auch hieraus ergibt sich, daß die Ophthalmodynamographie nicht als Methode der Blutdruckmessung in der Arteria ophthalmica angesehen werden darf, jedoch erhält

man günstigere Resultate, wenn man sich auf die Auswertung der Pulsationsvolumina beschränkt.

BETTELHEIM (1969) konnte zeigen, daß das Dynamogramm der leeren Orbita (nach Enukleation) sich nicht von demjenigen der bulbushaltigen Orbita desselben Patienten unterscheidet.

Einige weitere Arbeiten beschäftigen sich mit Verschlüssen der Arteria ophthalmica bzw. Arteria centralis retinae. Sehr berechtigt ist der Hinweis von VETTER (1973), daß inter- und intraindividuelle Kaliberdifferenzen der Arteria ophthalmica das Ergebnis von Ophthalmodynamometrie und Ophthalmodynamographie beeinflussen können. Um Fehlbeurteilungen zu vermeiden, müsse eine Angiographie der Arteria ophthalmica beider Seiten durchgeführt werden.

Einen Fall von Ophthalmicaverschluß untersuchten BULLOCK und Mitarbeiter (1972), allerdings in Verbindung mit schwerer beidseitiger Carotisverschlußerkrankung. Interessant ist, daß der Patient ein neovaskuläres Glaukom entwickelte, das sich verschlimmerte, nachdem die Produktion von Kammerwasser nach Endarterektomie wieder zunahm.

IMAMURA (1968) untersuchte 80 Patienten mit retinalen arteriellen Gefäßverschlüssen, wobei er ebenfalls bei 5 Fällen ein sekundäres Glaukom fand. Von 65 Patienten, die er dynamometrierte, hatten 19 keine Seitendifferenzen, 5 hatten neben dem Verschluß der Zentralarterie oder eines Astes auch einen Carotisverschluß.

Einiges Interesse fand in den letzten Jahren, daß das Ophthalmodynamogramm bei orthostatisch bedingten Schwindelzuständen bzw. bei anderen Kreislaufregulationsstörungen eine Änderung der Meßwerte aufweist. Unter verschiedenen physiologischen Bedingungen oder unter dem Einfluß von Pharmaka sollen nach TOBIASCH und MANSOUR (1970) brauchbare Hinweise auf die Therapie bei solchen Erkrankungen möglich sein.

MEYER-ERKELENZ und KSINSIK (1972) fanden so ein Absinken der Ophthalmicawerte im Stehen in der 5. bis 10. Minute. In einer Vergleichsgruppe, bei der Stehen stets zum Kollaps führte, sanken die Ophthalmicawerte stetig ab und lagen in der 5. Minute unter der kritischen Grenze von 70 mm Hg, die für die Aufrechterhaltung des Gehirnkreislaufes erforderlich sei.

In einer weiteren Arbeit von MEYER-ERKELENZ und Mitarbeitern (1971) werden die Ergebnisse vor allem aus den Gesichtspunkten der Flugmedizin bearbeitet. RAMADAN und TOBIASCH (1972) fanden normales Verhalten im Stehversuch in Beziehung auf das Ophthalmodynamogramm bei 67 von 100 Personen mit orthostatischen Schwindelzuständen. Bei pathologischem Ausfall sank das mit der Ophthalmodynamographie bestimmte Pulsationsvolumen um 30,8 % ab, bei den Gesunden nur um 7,8 %. Die Methode soll sinnvoll für die Auswahl der therapeutischen Maßnahmen sein.

FELGENHAUER (1975) verwendete schließlich Ophthalmodynamometrie und Ophthalmodynamographie bei der arteriellen orthostatischen Hypotonie und beim postcommotionellen Syndrom. Interessant ist vor allem der Bericht von 2 Patienten, die im Migräneanfall untersucht werden konnten: keine Seitendifferenz des Ophthalmicablutdruckes, geringe Erhöhung in Beziehung auf den zentralen Blutdruck. Lediglich das Pulsationsvolumen war deutlich auf der betroffenen Seite reduziert.

WINTER (1976) untersuchte den kephalen Kreislauf an 42 gesunden Versuchspersonen mit der Ophthalmodynamographie unter Verwendung eines modifizierten Schellongtestes. Er fand eine große individuelle Streuung bei den Ergebnissen und schließt daraus, daß die Methode allenfalls für physiologische Reihenuntersuchungen mit Anwendung statistischer Methoden verwertbar sei, daß jedoch im Einzelfall keine Rückschlüsse erlaubt seien. Auffallend war eine große Anzahl von Seitendifferenzen und eine Unsicherheit des diastolischen Kriteriums. Unter körperlicher Belastung reagiere der kephale Kreislauf schneller als der brachiale.

Auffallend große Seitendifferenzen des Ophthalmodynamogramms bei Kreislaufgesunden fanden kürzlich auch JESSEN, SAYEGH und WEIGELIN (1977). Bei 100 Versuchspersonen betrug die einfache Streuung der im Reihendurchschnitt nur geringen Seitendifferenz systolisch und diastolisch je etwa $\pm$ 14 mm Hg. Das bedeutet, daß Differenzen um 25 mm Hg nicht selten,

gelegentlich solche bis 40 mm Hg an Gesunden auftreten können. Damit ist der Wert der Methode wegen der Gefahr häufiger falsch positiver Ergebnisse auch für die Diagnose der Carotisstenosen stark eingeschränkt. Verwendet wurde der ODG Mod. 22 mit gleichzeitiger Pulsschreibung beidseits.

BEGU (1968) glaubt noch immer, daß mit der Dynamometrie der Druck in der A.centr.retinae gemessen werde und daß dieser auf direktem Wege wertvolle Daten über den funktionellen Zustand der cerebralen Gefäße und indirekt sogar über denjenigen der Coronar- und retinalen Gefäße liefere. Er untersuchte Leistungssportler. Die Beobachtung der Blutdruckänderungen werden rein numerisch ausgewertet, ein Verfahren, von dem schon lang bekannt ist, daß es nicht zu verwertbaren Resultaten führen kann.

3.5 Blutdruckmessungen am Auge zur Diagnose von Carotisstenosen und Verschlüssen sowie nach Carotisligatur

3.51 Ophthalmodynamometrie

Der Nutzen der ODM bei der Diagnose von Carotisverschlüssen oder -stenosen ist seit der Veröffentlichung grösserer Statistiken aus dem Zeitraum vor diesem Bericht unbestritten. Einzelne Arbeiten hierüber wurden trotzdem auch in den letzten Jahren wieder veröffentlicht. So berichten HIGGS und BULLINGTON (1970) über die Ergebnisse von 346 Dynamometrien, die in 69,3 % der Fälle durch ein pathologisches Angiogramm bestätigt wurden. Bei positivem Stenosebefund im Angiogramm war in 74 % der Fälle auch das dynamometrische Ergebnis pathologisch. Es handelt sich bei der ODM nach Ansicht dieser Autoren um eine brauchbare Orientierungsmethode.

An einem kleineren Patientengut von 15 Patienten mit cerebrovaskulären Insuffizienzerscheinungen auf dem Boden von Carotisverengerung oder -verschluss, darunter 2 Fälle mit Sitz oberhalb des Ophthalmicaabgangs, bestätigte JOUNG (1972), daß zwischen arteriographischem und dynamometrischem Ergebnis kein signifikanter Unterscheid besteht.

BLAKE und KELLY (1975) halten die ODM bei obliterierenden Carotisprozessen für einen nützlichen klinischen Test

für die Entscheidung, ob eine Arteriographie erforderlich ist. Unter 31 arteriographisch verifizierten Fällen hatten sie in 23 (ca. 75 %) entsprechende ODM-Ergebnisse und keine Seitendifferenzen bei 7 Verdachtsfällen, die auch arteriographisch ohne Stenosebefund waren.

Mehrfach wird über die Anwendung der ODM für die Beurteilung des Ergebnisses von Gefässoperationen an den Carotiden berichtet.

In einer interessanten Arbeit beschäftigen sich SANDERS und HOYT (1969) mit den Ursachen der Sehstörungen bei Carotis-Sinus-cavernosus-Fisteln, insbesondere auch nach Durchführung einer neurochirurgischen Behandlung. Bei dieser Erkrankung sind Sehstörungen nach der Literatur sehr häufig und schwerwiegend.

Zu Grunde liegt ein Material von 25 Fällen, deren Augensymptome eingehend beschrieben und in Tabellen niedergelegt wurden.

Bei 15 Patienten wurden eine oder mehrere arterielle Ligaturen durchgeführt, bei 5 davon wurde neben der cervikalen Ligatur auch die intracranielle Ligatur vorgenommen. Zweimal wurde die Arteria ophthalmica zusätzlich unterbunden. Das Ergebnis in Beziehung auf das Sehvermögen war sehr unbefriedigend, meist schlechter als vor dem Eingriff.

Alle Patienten mit schweren Sehschädigungen zeigten eine erhebliche Reduktion des diastolischen Ophthalmica-Blutdruckes. Dieser wurde ophthalmodynamometrisch bestimmt.

Die Verfasser raten im allgemeinen von der operativen Behandlung ab, da ihrer Meinung nach die Erhaltung oder Wiederherstellung der Sehfunktion die primäre Zielsetzung der Therapie sein sollte, der eine Verringerung des Exophthalmus und Beseitigung des intracraniellen Gefässgeräusches nachstehen sollte. Die Erhaltung einer Sehfunktion hänge von einer ausreichenden Durchblutung des Auges vor, während und nach einem Eingriff ab. Bei Vornahme einer Carotisligatur müsse unbedingt der Augeninnendruck und der venöse Druck reduziert werden und zwar durch Anwendung von Carboanhydrase Inhibitoren und durch Verschluß der großen Stämme der Vena ophthalmica. Auf diese Weise könne ein ausreichender arterio-venöser Druckgradient aufrecht erhalten werden.

Bei der Carotisstenose beschäftigen sich die Arbeiten von BARUT und Mitarbeiter (1967) sowie von LYNCH und LAMBRE (1971) mit dem prä- und postoperativen Verhalten des Ophthalmicablutdruckes an Hand dynamometrischer Messungen.

An 7 Fällen schildern BARUT und Mitarbeiter die Vielzahl klinischer Zeichen, wobei der Dynamometrie eine hervorragende Stellung zukommt auch für die beidseitigen Stenosen.

Für den Gefäßchirurgen stellt die Dynamometrie das einzig verlässliche Kriterium dafür dar, ob die operierte Carotis durchgängig bleibt. LYNCH und LAMBRE demonstrieren ophthalmologische, neurologische und angiographische Befunde von 11 Patienten mit abnormer Krümmung oder Faltung

der Carotis, da bei dieser Abnormität noch strittig ist, ob sie Ursache von Durchblutungsstörungen der Hirnrinde sein kann. Nach den neurologischen, ophthalmoskopischen und dynamometrischen Befunden muss man dies bejahen: Präoperativ war nur 1 Patient dynamometrisch unauffällig, während die anderen 10 Patienten erniedrigten Ophthalmicablutdruck auf der Seite der Carotiskrümmung aufwiesen. Nachuntersuchungen waren nach 7 Tagen und nach 3 Monaten bei 10 Patienten möglich.

Bei allen verfolgten Fällen kam es zu einem Anstieg des Ophthalmicablutdrucks postoperativ, wobei 3 mal ein Wert innerhalb der Normalstreuung erreicht wurde, 3 mal blieb der Ophthalmicablutdruck, wenn auch weniger ausgeprägt als vor der Operation, unter dem Normwert. 4 mal, bei Hypertonikern, wurden postoperativ sogar erhöhte Ophthalmicablutdruckwerte erzielt.

Ebenfalls nach der Methode von WEIGELIN und LOBSTEIN (1962) führte BRAUN (1974) dynamometrische Messungen vor und nach Unterbindung der Arteria carotis interna bei Fällen mit intracraniellem Aneurysma durch. Die Wirksamkeit wurde mit Carotiskompressionstest nach RODRIGUEZ-BARRIOS und SOLIS (1968) an 2 Patienten geprüft. Am besten waren die Resultate bei Verwendung des Mitteldruckes für die Berechnung der Reduktionsgröße.

In einer ausgezeichneten Übersichtsarbeit schildern MORAX, ARON-ROSA und GAUTIER (1970) ophthalmologische

Symptome und Krankheitszeichen bei Carotisverschlüssen und -stenosen. Die ODM halten sie bei der Diagnosestellung für unersetzlich, wobei sie sich auf ihre eigenen Erfahrungen an 141 Fällen stützen. Bei der Durchführung diastolischer und systolischer Messungen hatten sie in 80 % der Fälle richtige positive Ergebnisse. Wenn nur diastolische Seitendifferenzen verwendet werden, sinkt dieser Anteil auf 70 % ab. Besonders wertvoll wird die Arbeit dadurch, daß gezeigt werden kann, wie abhängig das Ergebnis der Dynamometrie von der zeitlichen Distanz gegenüber dem erstmaligen Auftreten klinischer Erscheinungen ist. Sind nur bis zu 10 Tage vergangen, so findet man fast ausnahmslos eine dynamometrische Seitendifferenz. Von 11-30 Tage sinkt der Anteil der richtig positiven Ergebnisse auf 90 % bei den Stenosen, 80 % bei den Okklusionen ab. Noch später treten fast nur noch mäßige Seitendifferenzen und Erniedrigungen der Mitteldrucke im Verhältnis zum Oberarmblutdruck auf. Bestehen die klinischen Zeichen schon länger als 1/2 Jahr, so findet man nur noch ausnahmsweise leicht pathologische Ergebnisse.

Die Autoren verfügen in ihrem Material auch über 6 Fälle von Carotisverschlüssen oberhalb des Abganges der Arteria ophthalmica. Von ihnen hatten 4 leichte Seitendifferenzen im Sinne einer Erhöhung auf der erkrankten Seite.

Besondere Bedeutung sprechen die Autoren der Beziehung zwischen Ophthalmicablutdruck und Oberarmblutdruck bei der

Untersuchung von Einäugigen, von Patienten mit einseitiger Medientrübung und bei bilateralen Carotisstenosen zu. Schließlich berichten sie über Ergebnisse dynamometrischer Untersuchungen vor und nach Carotisverschluß bzw. -stenosen. Nach einem erfolgreichen Eingriff normalisiert sich der Ophthalmicadruck der kranken Seite meistens, auf jeden Fall wird aber die Seitendifferenz geringer. Ein Wiederauftreten einer Seitendifferenz signalisiert die Gefahr des Wiederauftretens eines Verschlusses oder geht mit einer Verschlechterung des neurologischen Zustandes einher.

Die Ergebnisse der ODM werden mit Bestimmungen der Kreislaufzeit mit dem Fluoreszenzangiogramm verglichen. Die ODM ist einfacher durchführbar und mindestens gleich zuverlässig bei der Diagnose eines Verschlusses. Interessant ist jedoch, daß verlängerte Kreislaufzeiten bei längerem Abstand zur ersten klinischen Manifestation wesentlich öfter beobachtet werden als pathologische dynamometrische Ergebnisse. Auch die Fluoresceinangiographie nimmt deshalb eine wichtige Stellung bei der Diagnose solcher Erkrankungen ein. Die Unterschiede liessen sich auch experimentell bestätigen.

Anhand der Literatur wird auch über die ODG berichtet und darauf hingewiesen, daß diese manchmal eine wertvolle Ergänzung der ODM darstellen dürfte. Ihr Wert sei jedoch noch nicht eindeutig nachgewiesen. Auch für die oculäre Sphygmographie sowie für tonographische Tests zur Auffindung von Carotisstenosen liegen noch nicht genug Material zur Beurteilung der Treffsicherheit vor.

3.5.2 Ophthalmodynamographie

GENEE und HONEGGER (1970) berichten über 11 Patienten mit Carotisstenose oder Stenosen anderer, vom Aortenbogen abgehender Gefäße. Bei 5 Fällen wurde ein Carotis interna-Verschluß, bei 3 Patienten eine Stenose im Bereich des Truncus brachiocephalicus sowie bei 3 Fällen ein Subclavia Verschluß festgestellt. Bei allen Patienten wurde die dynamographische Diagnose durch Arteriographie oder Operationsbefund bestätigt. Bei älteren Verschlüssen gäbe es Fehlinterpretationen des Ophthalmodynamogramms.

PACH und Mitarbeiter (1971) beschäftigen sich mit Seitendifferenz der Pulsationsvolumina der Arteria ophthalmica für die Diagnose der Carotisobliteration anhand eines Kollektivs von 157 Patienten, die in 3 Gruppen eingeteilt wurden.

Gruppe A umfasst 56 Patienten mit einseitigem oder bilateralem Verschluß oder Stenose (Lumeneinengung zwischen 60 und 90 %) und einem Fall von Verschluß des Truncus brachiocephalicus. Gruppe B umfasst 50 Patienten mit ischämischem Schlaganfall und Hirnarteriosklerose als Grundkrankheit ohne signifikante Einengung der Carotis, in Gruppe C befinden sich 50 Personen, die entweder gesund oder ohne klinisch manifeste vasculäre Krankheit waren. Folgende Ergebnisse wurden in der Gruppe mit normalem Gehirnkreislauf

erzielt:

Der Mittelwert der Pulsationsvolumina PV betrug 60,7 ± 15,6 mm^3, die Seitendifferenz DPV des Pulationsvolumens beträgt 5,1 ± 3,5 mm^3. Die Größe der Seitendifferenz ist nicht vom Absolutwert des Pulsationsvolumens abhängig. Seitendifferenzen über 13 mm^3 sind mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95 % als pathologisch zu werten, kleinere Pulsationsvolumen-Differenzen brauchen aber nicht normal zu sein. 68 % der Patienten der Gruppe A hatten pathologische Seitendifferenzen. Die Gruppe A lässt sich statistisch gesichert von den Gruppen B und C, bei denen keine Carotisstenose vorlag, abtrennen.

Die Annahme, daß das Fehlen einer pathologischen PV-Differenz durch einen Kollateralkreislauf über Äste der Arteria carotis externa bedingt sind, ließ sich statistisch bei der Unterteilung der Gruppe A nach dem angiographischen Befund nicht bestätigen.

Die Ophthalmicadruckwerte waren diagnostisch kaum verwertbar. Nur bei 16 Fällen mit positivem Angiogrammbefund ist eine gleichzeitige Reduktion des Ophthalmicadruckes und des Pulsationsvolumens zu registrieren, bei 10 Patienten waren die Druckwerte seitengleich. In der Hälfte der ODG-Kurven konnten die Druckkriterien nicht sicher bestimmt werden.

Schließlich wird darauf hingewiesen, daß bei einem Patienten mit bilateralem komplettem Verschluß der Arteria

carotis interna ein völlig normales Ophthalmodynamogramm geschrieben wurde. Bei 4 Patienten mit Carotisthrombosen war das Pulsationsvolumen auf der Verschlußseite sogar erhöht. Die Autoren schließen aus ihren Untersuchungen, daß es nicht vertretbar sei, von einem typischen Ophthalmodynamogramm der Carotisobliterationen zu reden. Bei einem Drittel der 52 Patienten mit einer Carotisobliteration habe die Ophthalmodynamographie falsch positive oder falsch negative Resultate ergeben. Eine zuverlässige Screening-Methode stelle die Ophthalmodynamographie daher nicht dar.

In zwei Arbeiten beschäftigt sich DERKA (1969 und 1974) mit dem Wert der Ophthalmodynamographie für die Diagnose von Carotisverschlüssen. Zunächst untersuchte er den Anteil der Arteria carotis externa am Zustandekommen des Ophthalmodynamogrammes. Dieses ist keine isolierte Hirngefäßkurve sondern eine Summenkurve, an der die orbitalen Äste der Arteria carotis externa bei annähernd normalen Strömungsverhältnissen zu 40 % beteiligt sind. Bei Verschluß der gleichseitigen Arteria carotis interna nimmt dieser Anteil bis zu 80 % zu. Rückschlüsse auf Kreislaufstörungen im Bereich der Arteria carotis interna sind daher mit einem hohen Unsicherheitsfaktor belastet. Die Ergebnisse wurden gewonnen auf Grund genauerer Untersuchung der anatomischen Verhältnisse, strömungsmechanischer Überlegungen und anhand von Daten aus intraoperativ aufgenommenen Ophthalmodynamogrammen

unter zeitweiliger Abklemmung der Arteria carotis communis, Arteria carotis externa und Arteria carotis interna.

In der zweiten Arbeit berichtet DERKA über eine Vergleichsreihe angiographisch gefäßgesunder Personen und Trägern von verschiedengradigen Stenosen im Bereich der Halsgefäße.

Erfaßt wurden der orbitale Blutdruck, das orbitale Pulsationsvolumen (PV) und die orbitale Pulsationsanstiegszeit (PAZ). Der letztere Wert war ohne jede Aussagekraft. Das Pulsationsvolumen reagierte auf Querschnittverkleinerung der zuführenden Gefäße empfindlicher als der orbitale Blutdruck. Nur die Verschlüsse der Arteria carotis communis erfüllen die von HAGER aufgestellten Forderungen für die Diagnose einer Stenose (Seitendifferenz des Druckes mindestens 10 mm Hg, des PV 30 %), andere Autoren halten diese Kriterien aber noch für zu ungenau, z.B. BRUNNER, (1972). Die mitgeteilten Ergebnisse werden tabellarisch dargestellt. Die Untersuchungen wurden anhand einer Normalreihe sehr sorgfältig statistisch ausgewertet, wobei festgestellt wurde, daß für Stenosen der Arteria carotis interna sich weder Druck noch Pulsvolumen signifikant unterscheiden, für Obliterationen dieser Gefäße nur die Pulsationsvolumina bei erheblicher Gefahr falsch - positiver Ergebnisse.

Bei strikter Anwendung der Hagerschen Regel konnte ein arteriographisch nachgewiesener Arteria carotis interna Verschluß unter 28 Patienten nur bei 4 Patienten durch ODG diagnostiziert werden. Auch DERKA folgert aus seinen Untersuchungen, daß das Ophthalmodynamogramm als Screening-Test für die Stenosen ungeeignet sei.

Etwas besser sind die Ergebnisse von HERRSCHAFT und NEELSEN (1967), die oft Ophthalmodynamographie durch einen Carotis-Kompressionstest ergänzen. Trotzdem fanden auch sie in fast der Hälfte der Erkrankten mit der Ophthalmodynamographie keine pathologische Seitendifferenz.

FISCHBACH (1972) verwendet bei seiner Untersuchung die Stahlbügelvariante des Ophthalmodynamographen. Er fand ausgeprägte Blutdrucksenkung in der Arteria ophthalmica von 25 mm Hg und mehr sowie Reduktion des Pulsationsvolumens um 35 % und mehr bei 44 % der untersuchten Fälle (insgesamt 98).

3.5.3 Vergleich zwischen dynamometrischen, dynamographischen Ergebnissen bei Carotisstenosen und -obliterationen

Aus der Literatur ist bekannt, daß etwa 20 % der Carotisverschlüsse oder -stenosen mit Hilfe der Dynamometrie nicht diagnostiziert werden können. Von verschiedenen Au-

toren wurden in den letzten Jahren darauf hingewiesen, daß ein Teil der dynamometrisch falsch negativen Fälle mit Hilfe der Ophthalmodynamographie diagnostiziert werden kann.

In den beiden Arbeiten von HESSLOEHL und Mitarbeiter (1971) sowie von BARUT und ROCH (1971) wird die Ophthalmodynamographie als die weniger zuverlässige Methode geschildert. Sie führte im Krankengut von BARUT und ROCH (31 arteriographisch bestätigte Fälle, davon 11 beidseitig) nur in 65 % zu richtigen Ergebnissen, während die Dynamometrie 85 % der Carotisstenosen diagnostizieren ließ. Beide Autoren weisen jedoch daraufhin, daß gleichzeitige Anwendung der beiden, einander ergänzenden Methoden die Zahl der richtigen Diagnosen weiter erhöht (auf 95 % bei BARUT und Roch). Einen deutlichen Einfluß habe die Zeitdauer des Verschlusses, worauf auch MORAX (1970) -s.Seite 60- hinweist. Zu Beginn der Erkrankung bestehen Seitendifferenzen praktisch in allen Fällen. Auffallend sei, daß diese gerade bei besonders akuten Fällen schon nach einem Jahr nur noch bei 10 % der Kranken gefunden wurden.

BABEL und PSILAS (1973) befassen sich im Rahmen einer Übersichtsarbeit "Les stenoses et les thromboses carotidiennes" mit den Ergebnissen der Ophthalmodynamometrie und der Ophthalmodynamographie.

Sie finden in einer Vergleichsserie arteriographisch normaler und pathologischer Fälle in 80 % richtige Diagnosen

durch Ophthalmodynamometrie bei 35 arteriographisch gesicherten Carotisstenosen und -occlusionen, bei den Verschlüssen allein in 91 %. Schlecht verständlich ist im Verhältnis dazu die Mitteilung, daß bei einer Serie von 30 Patienten die ODM nur in 60 % der Fälle die richtige Diagnose stellen ließ, die Ophthalmodynamographie dagegen in 67 %. Bei der Verwendung beider Methoden kam es in 87 % zu richtiger Beurteilung. Die Ergebnisse der beiden Methoden stimmten in mehr als der Hälfte der Fälle nicht überein, was durch unterschiedliche Kollateralkreisläufe erklärt wird. Nur wenn die Arteria carotis communis obliteriert ist, führen beide Methoden zu gleichen Ergebnissen. Die Arbeit ist für die Ophthalmodynamographie statistisch nicht gesichert, als Kriterium für Carotisstenose wurde eine Differenz des PV von nur 20 % und mehr benutzt. Bei den mitgeteilten Ergebnissen handelt es sich um diejenigen, die PSILAS und FELGENHAUER (1972) veröffentlicht haben. Dasselbe Material wird außerdem von BABEL und Mitarbeiter (1970) im Rahmen einer Arbeit über okuläre Krankheitszeichen bei Carotisthrombose verwendet.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen BETTELHEIM und Mitarbeiter (1971) anhand von Untersuchungen an 49 Patienten mit angiographisch verifizierten Carotisverschlüssen. Für die Ophthalmodynamographie wurden die Quotienten der Pulsationsvolumina nach HAGER und SEITZ verwendet, eines Kriteriums

(Pulsationsvolumenquotient größer als 1.32 oder kleiner als 0.66, oder beidseitige Senkung des Pulsationsvolumens auf Werte unter 60 mm^3), das nach den schon beschriebenen, statistisch ausgewerteten Untersuchungen von PACH und Mitarbeitern (1971) nicht relevant sein dürfte. Auch für die Pulsationsvolumina selbst liegen keine Vergleichsergebnisse an Gesunden vor. Verwendet wird der von Hager angegebene Normwert 60 mm^3 ohne Anführung der Streuung. Auffallend ist, daß entgegen fast allen Berichten über die Zuverlässigkeit der Ophthalmodynamometrie mit dieser Methode nur in 52,5 % der Fälle die Diagnose möglich war, mit der Ophthalmodynamographie in 62,5 %. Mit beiden Methoden könne bei 75 % der Patienten die Diagnose eines einseitigen Carotisverschlusses gestellt werden. Auch bei beidseitigen Verschlüssen ist die Zahl der Fehldiagnosen auffallend groß.

WENZEL (1976) führte unter der Fragestellung eines stenosierenden Prozesses im Carotisbereich Ophthalmodynamogramme an 121 Patienten durch. 91 Patienten wurden auch dynamometrisch untersucht. Bei 45 Patienten ließen sich angiographisch Stenosen nachweisen. Die Trefferquote lag für die Ophthalmodynamographie bei 72 %, für die Ophthalmodynamometrie bei 75 %, für beide Methoden zusammen bei 89 %. Es traten aber paradoxe Werte auf, die darauf hinweisen, daß besonders dynamographisch gemessene Ophthalmicablutdruckwerte in ihrer Aussage unsicher sind. Bei der Ophthal-

modynamographie fanden sich prozentual weit mehr Seitenunterschiede als bei der Ophthalmodynamometrie, was vermuten lässt, daß die Ophthalmodynamographie recht häufig falsch positive Ergebnisse erbringt.

BETTELHEIM (1968) berichtete über Form- und Verlaufsanomalien der Carotiden. Bei einem Fall von "Kinking", (Abknickung) der Carotis interna, ergaben Ophthalmodynamometrie und Ophthalmodynamographie ipsilateral pathologische Ergebnisse verbunden mit Retinopathie, während bei einem anderen Fall, bei dem auf der einen Seite eine Stenose, auf der anderen "Kinking" arteriographisch nachgewiesen war, beide Methoden normale Werte erbrachten. Dem haemodynamischen Befund entsprach das unauffällige klinische Bild.

GRABAM (1969), verglich die Ergebnisse der Ophthalmodynamometrie mit denen der Carotis communis Kompressions-Tonographie, der Thermographie und der Angiographie. Er ist der Ansicht, daß die Erfassung einer Differenz des Ophthalmicablutdruckes keiner Messung bedürfe, sondern daß eine Schätzung der Stärke des Fingerdruckes aufs Auge, der zur Auslösung von Pulsationen benötigt werde, ausreiche.

KOLLMANN und KITTMANN (1969) verwendeten Ophthalmodynamographie und Ophthalmodynamometrie bei 10 Patienten mit Subclaviaverschluß-Syndrom (subclavian Steal Syndrom), wobei sie neben den üblichen Messungen auch die Pulswellengeschwindigkeit aus dem Ophthalmodynamogramm bestimmten.

Nach einer übersichtlichen Darstellung der Symptome und der Haemodynamik der Erkrankung, stellen die Autoren folgende Befunde aus ODM bzw. ODG bei "reinen" Fällen (ohne gleichzeitigen Befall der Carotiden fest:

1. das orbitale Pulsvolumen ist auf der Seite der umgekehrten Blutströmung in der Arteria vertebralis reduziert.
2. Pulswellenausbreitungsgeschwindigkeit in der Carotis und orbitale Pulsform sind unverändert.
3. der Ophthalmicablutdruck ist beidseits oder auf der Seite der Störung erniedrigt. Die beiden von der Norm abweichenden Parameter werden noch deutlicher, wenn mit dem Arm der betroffenen Seite Bewegungsübungen ausgeführt werden.

Der Arbeitskreis um MILTON BEST aus dem New YORK Medical College beschäftigt sich mit tierexperimentellen Arbeiten zur Diagnose von Carotisstenosen.

RABINOVITZ und BEST (1972) und BEST und Mitarbeiter (1971) prüften die Zuverlässigkeit der Diagnose durch Registrierung des Augenpulses. Die Ergebnisse der Arbeiten wurden dann ebenfalls im Tierexperiment mit Druckmessungen bei Steigerung des intraokularen Druckes durch Flüssigkeitsinfusion verglichen. Als Versuchstiere dienten Kaninchen, die wegen ihres schwach ausgebildeten retinalen Gefäßnetzes für die Messung des Ophthalmicablutdruckes über retinale Gefäßphä-

nomene wenig geeignet erscheinen. Ligatur der Arteria carotis communis war, vielleicht aus diesem Grunde, deutlicher über Änderung des Augenpulses festzustellen als über Beobachtung der Pulsationsphaenomene an den Netzhautgefäßen. Als Nebenbefund wird berichtet, daß der systolische und diastolische Blutdruck in der Choroidea ungefähr 14 mm Hg unter demjenigen der Netzhautgefäße liege. Diese Differenz ist haemodynamisch kaum vorstellbar.

Die Registrierbarkeit von Änderungen des okularen Pulses durch Carotisunterbindung im Tierexperiment wird auch von BYNKE (1969) bestätigt.

4 Prüfung von Medikamentenwirkung

Seit Klärung der physikalischen Grundlagen der Blutdruckmessung am Auge durch WEIGELIN und H.K.MÜLLER (1951) bzw. WEIGELIN und LOBSTEIN (1962) werden derartige Untersuchungen immer wieder zur Prüfung von Arzneimittelwirkung im Bereich des Carotiskreislaufes verwendet.

Das Interesse konzentrierte sich in dieser Berichtszeit auf vasoaktive Medikamente und Psycho-Pharmaka.

MAKABE (1971) untersuchte die Wirkung von Vascunicol besonders im Hinblick auf Erhöhung des intraokularen Druckes. Bei dem Präparat handelt es sich um eine Kombination von Vasculat und Nicotinsäure.

Die Messung wurde mit dem Müller'schen Dynamometer durchgeführt und nach WEIGELIN und LOBSTEIN ausgewertet. Es kam zu einem geringen Absinken des Oberarmblutdruckes und etwas stärkerem Absinken des Ophthalmica-Blutdruckes. Letzteres war bis zu 2 Stunden nach Einnahme des Präparates signifikant gegenüber der Ausgangslage. Die Hirngefäße erweitern sich demnach stärker als die Gefäße im übrigen Körper. Der Grad der Änderung war abhängig von der Ausgangslage, d.h., Patienten, die vor der Therapie relativ verengte Hirngefäße hatten, reagierten stärker als solche mit normalen intracraniellen Kreislaufverhältnissen. Zwischen

Anstieg des intraokularen Druckes und Kammerwasserabflusswiderstand (Tonographie nach GRANT) ergab sich keine signifikante Korrelation, eine solche bestand jedoch zwischen relativ erweiterten Hirngefäßen und Anstieg des intraokularen Druckes ($r = + 0,49$).

Aus dem statistisch bearbeiteten Material schließt MAKABE, daß die Steigerung des intraokularen Drucks auf einer vermehrten Füllung der Unveagefäße beruht. Die Wirkung auf den intraokularen Druck ist aber minimal und nur vorübergehend. Glaukom stellt keine Kontraindikation für die Verwendung des Medikamentes dar.

Ebenfalls anhand dynamometrischer Untersuchungen prüften SAYEGH, HARTMANN und WEIGELIN (1973) das Verhalten des Blutdruckes, des intracraniellen Kreislaufs und des intraokularen Drúckes bei gesunden Personen, bei Hypertonikern und bei Patienten mit Glaukom nach Anwendung von CLONIDIN (Isoglaucon) als Augentropfen.

Anhand der bei Verabreichung von Clonidin erhobenen Daten fanden die Verfasser folgendes:

1. Clonidin führt zu Senkung des Oberarm- und Ophthalmicablutdruckes, des cerebralen Strömungsvolumens (CBF) und der Pulsfrequenz. Je höher die Meßwerte vor der Therapie waren, umso stärker war die Senkung.
2. Die Oberarm- und Ophthalmicadrucksenkung ist bei Hypertonie signifikant stärker als bei Normotonie.

3. Die intraokulare Drucksenkung ist bei Glaukom mit erhöhtem Ausgangswert signifikant stärker als bei Glaukom mit normalem Ausgangswert und bei Normotonie.

SAYEGH und Mitarbeiter (1973) konnten faktorenanalytisch nachweisen, daß die intraokulare Drucksenkung auf drei oder mehr Wegen beeinflusst wird:

a) Der erste Weg verläuft gleichsinnig über Blutdruck und cerebrales Strömungsvolumen. Dieser Weg spielt bei geringen Änderungen des Blutdruckes keine oder nur eine unwesentliche Rolle. Bei stärkeren Alterationen gewinnt er an Bedeutung.

b) Beim zweiten Weg spielt wohl eine lokale Wirkung des Clonidin eine Rolle, da sie nur am getropften Auge nachweisbar ist. Zum örtlichen Blutdruck kann eine Beziehung bestehen, zum Strömungsvolumen nicht.

c) Es existieren weitere Wege, die durch diesen Versuch nicht erklärt werden können. Ihr Anteil ist nicht unwesentlich, aber deutlich geringer als derjenige der beiden erstgenannten Wege.

Clonidin ist wohl bisher das erste Medikament, das neben einer kräftigen Blutdrucksenkung auch den Augeninnendruck deutlich reduziert, vor allem, wenn dieser bei Glaukom erhöht ist. Um eine das Papillengewebe gefährdende Minderdurchblutung zu vermeiden, müssen deshalb nach Ansicht der Verfasser besondere Kreislaufkontrollen bei allgemeiner Hypotonie, bei Gehirndurchblutungsstörung und bei Stenosen

oder Verschlüssen im Bereich der Arteria ophthalmica durchgeführt werden.

Mit demselben Medikament beschäftigt sich HEILMANN (1972). Clonidin ist unter dem Namen Catapresan als kräftiges Antihypertensivum bekannt. Die Substanz wurde von HEILMANN als Augentropfen in 1/4 % und 1/8 % Lösung verwendet an Patienten mit primärem Glaukom, bei denen die Ophthalmodynamographie durchgeführt wurde. Die statistische Auswertung der Daten ergab, daß Oberarmblutdruck, Ophthalmicablutdruck, Pulsationsvolumen und Pulsfrequenz in Abhängigkeit von der gewählten Dosis verändert wurden. HEILMANN bewertet die erzielten Ergebnisse sehr kritisch und beurteilt die Beweiskraft einer Medikamentenwirkung mit der Ophthalmodynamographie sehr zurückhaltend. Der Anlass hierfür ist, daß auch bei Applikation von Aqua dest, signifikante Änderungen des Ausgangswertes auftraten.

Bei dem II. Internationalen Symposion über ODG in Stuttgart (1972) berichten TOELLE und Mitarbeiter (1972) über Veränderungen im Ophthalmodynamogramm unter Anwendung von AMITRIPTYLIN bei 16 depressiven Patienten. Besonders im Stehen falle der Ophthalmicablutdruck deutlich ab. Weiterhin wurden thymoleptische Kreislaufeffekte mit DIHYDROERGOTAMIN behandelt, das zusätzlich zu Amitriptylin verabreicht wurde. Dihydergot hat einen dem Amitriptylin entgegengesetzten Effekt. Schließlich untersuchten die Autoren den Effekt einer durchwachten Nacht und fanden, daß vor allem

die Ophthalmicablutdruckwerte höher liegen als am Vortag bei den endogen Depressiven während er be neurotisch Depressiven absinke.

BOJANOVSKY und TOELLE (1973) berichten offenbar über dasselbe Krankengut in einer weiteren Arbeit, wobei zusätzliche klinische Parameter besprochen werden.

Schließlich untersuchte BORNSCHEUER (1972) mit der Ophthalmodynamographie alte Patienten unter dem Einfluß von Neuroleptika, der zu einer signifikanten Senkung des systolischen und diastolischen Oberarm- und Ophthalmicablutdruckes führe und sich mit zunehmendem Alter verstärke. Die Erhöhung des orbitalen Pulsvolumens bei Verminderung der cerebralen Durchblutung beruhe auf einer Änderung der Gefäßelastizität. Die noch bisweilen anzutreffende Gleichsetzung der Messwerte für das orbitale Pulsationsvolumen mit cerebraler Durchblutung sei daher unzulässig. Die gefundenen Differenzen werden als hochsignifikant bezeichnet, was bei den aufgeführten Zahlenwerten im Hinblick auf die bekannte Ungenauigkeit der Blutdruckmessung durch ODG mindestens für die Druckmessungen verwundert.

5 Diskussion und Zusammenfassung

In dem bearbeiteten Zeitraum finden sich in der Literatur, abgesehen von klinischen Berichten mit bekannter Methodik, folgende allgemein interessierende Probleme.

1. Eichung des Dynamometers nach H.K. MÜLLER, das zunächst als einziges Gerät für die Blutdruckmessung am Auge im Sinn des Eichgesetzes der BRD geeignet ist.
   Die Standardabmessungen betragen für den Durchmesser der Aufsatzfläche zwischen 6,3 mm und 9,3 mm, für den Krümmungsradius 6,5 bis 14,5 mm, Sollwerte für den Durchmesser der Stempelaufsatzfläche 7,3 mm, für den Krümmungsradius 10,5 mm.

2. Neue Methoden
   a) Verbesserung der Saugnapfdynamometrie,
   b) Sislers AO Dynopter und ähnliche Geräte,
   c) Ophthalmosphygmomanometrie nach Stepanik,
   d) Ultraschalldynamometrie nach Bauer.
   Alle diese Methoden konnten sich noch nicht breit durchsetzen. Gegenüber der klassischen Dynamometrie haben sie den Vorteil, daß sie von einem Untersucher durchgeführt werden können. Die Meßgenauigkeit oder der Meßbereich scheinen der klassischen Dynamometrie jedoch nicht zu entsprechen. Eine Ausnahme davon bildet mög-

licherweise das vollautomatisierte Suction cup Dynamometer nach GREGUSS und GALIN. Es fehlen jedoch hierzu größere Veröffentlichungen.

3. Umfangreich ist vor allem die Literatur über die Ophthalmodynamographie. Neben Arbeiten, die die Methode besonders für die Aufdeckung von Carotisverschlüssen für wertvoll halten (wenn auch meist nur in Kombination mit der Ophthalmodynamometrie), mehren sich in der zweiten Hälfte der Berichtszeit solche Arbeiten, die auf technische Schwierigkeiten der Methode hinweisen. Solche bereiten vor allem das Problem der Druckankoppelung, wenn auch die eindeutig überhöhten Werte seit Einführung eines Stahlgurts wesentlich seltener geworden sind. Die Ablesegenauigkeit von zwei verschiedenen Untersuchern scheint für systolische Werte ausreichend zu sein, ebenso die Reproduzierbarkeit des Messungsergebnisses. Unbefriedigend ist die Korrelation zum Oberarmblutdruck bei normalen Kreislaufverhältnissen.

Viele Untersucher bestreiten jetzt, daß es sich bei der Ophthalmodynamographie um eine Blutdruckmessung handelt. Das Hauptaugenmerk wird auf das Oscillogramm gerichtet (Orbitaoscillographie). Mit ihr können vor allem bei Carotis-Sinus-cavernosus-Fisteln klare diagnostische Ergebnisse erzielt werden. Sonst zeigte sich, daß auch bei Gesunden, sowohl in den Ergebnissen der Druckmessung als auch bei ausschließlicher Beurteilung der beidseiti-

gen Pulsationsvolumina, erhebliche Seitendifferenzen auftreten können. Die Gefahr falsch positiver Messungsergebnisse bei Carotisstenosen wird deshalb in letzter Zeit mehr und mehr betont. Als zuverlässige Screening-Methode für Carotisverschlüsse und -stenosen verliert die Ophthalmodynamographie deutlich an Bedeutung.

Es zeigt sich aus den neueren Untersuchungen, daß die Kriterien für die Beurteilung der Ophthalmodynamogramme bisher nicht exakt genug berechnet waren. Insbesondere für die Beurteilung des intracraniellen Kreislaufes scheint die Methode heute nach fast übereinstimmender Meinung der Autoren nicht mehr in Betracht zu kommen.

Literaturverzeichnis:

Ardouin,M.: Fistules carotido-caverneuses et orbito-dynamographie.
Bull.Soc.Ophtal.Fr. 73, 827-832 (1973)

Babel,J.; Gauthier,G.; Psilas,K.; Ricci,A. et H.Soriano: Les signes oculaires dans les affections carotidiennes.
Ophthalmologica 161, 324-339 (1970)

Babel,J. et K.Psilas: Les stenoses et les thromboses carotidiennes.
Ophthalmologica 167, 273-287 (1973)

Bailliart,P.: La pression artérielle dans les branches de l'artère centrale de la rétine nouvelle technique pour la déterminer.
Ann.Ocul.,Paris 154, 648 (1917)

Barbey,K. und H.de Marée: Kreislaufphysiologische Aspekte der Ophthalmodynamographie.
II.Int.Symp. Stuttgart 13.-14. 10.1972 ODG

Barut, C.; Charleux,J. et A.Sisteron: Manifestations cliniques et dynamometrique pré et post-operatoires.
Bull.Soc.Ophtal.Fr. 67, 471-478 (1967)

Barut,C. et T.Roch: Ophtalmodynamometrie et ophtalmo-dynamographie dans le depistage des stenoses carotidiennes.
Bull.Soc.Ophtal.Fr. 71, 297-299 (1971)

Bauer,F.: Die Ultraschallophthalmodynamometrie.
Klin.Mbl.Augenheilk. 163, 580-582 (1973)

Begu,D.: Die transpalpebrale Messung des Druckes in der Arteria centralis retinae und ihre theoretischen Grundlagen.
Klin.Mbl.Augenheilk. 153, 360-362 (1968)

Begu,D.: Ophthalmodynamometrische Ergebnisse und ihre Beurteilung.
Klin.Mbl.Augenheilk. 151, 872-877 (1968)

Beer,K. und A.Strätz: Der okulo-kardiale Reflex und seine Auswirkung auf das Pulsationsvolumen eines Ophthalmodynamogramms.
Zeitsch.f.Kreislauff. 59, 271-277 (1970)

Best,M.; Blumenthal,M.; Simstean,N.; Rogers,R.; Futerman,H.A. and B.Friedman:
Ophthalmodynamometry using the Friedman negative pressure lens.
Ann.Ophthal. 3, 241-248 (1969)

Best,M.; Kelly,T.A. and A.Galin Miles:
The ocular pulse-technical features.
Acta Ophthal. 48, 357-368 (1970)

Best,M.; Blumenthal,M.; Masket,S. and A.Galin Miles:
Effect of sympathetic stimulation on critical closure of intraocular blood vessels.
Invest.Ophthal. 9, 911-916 (1970)

Best,M.; Rabinovitz,A.Z.; Pola,R. and S.Masket:
Vascular distensibility in the eye.
Arch.Ophthal. 68, 88-93 (1971)

Best,M.; Keyes,M.; Plechaty,G. and A.Galin Miles:
Graphic analysis of the ocular pulse in carotid occlusion.
Arch.Ophthal. 85, 315-319 (1971)

Best,M.; Pola,R.; Plechaty,G.; Masket,S. and A.Galin Miles:
Ocular pulse studies in carotid stenosis.
Arch.Ophthal. 85, 730-737 (1971)

Best,M.; Plechaty,G.; Harris,L. and A.Galin Miles:
Ophthalmodynamometry and ocular pulse studies in carotid occlusion.
Arch.Ophthal. 85, 334-338 (1971)

Bettelheim,H.: Zur Hämodynamik des Carotis-Sinus-cavernosus-Aneurysmas.
Klin.Mbl.Augenheilk. 153, 329-338 (1968)

Bettelheim,H.: Der cephale Blutdruck bei Form- und Verlaufsanomalien der Carotiden.
Graefes Arch.Ophthal. 174, 326-335 (1968)

Bettelheim,H. und J.B.Kessaris: Der Einfluß des Tonus der Lidmuskulatur auf die ophthalmodynamographischen Kriterien.
Graefes Arch.Ophthal. 179, 138-144 (1969)

Bettelheim,H.: Die klinische Bedeutung der Ophthalmodynamometrie und der Ophthalmodynamographie.
Klin.Mbl.Augenheilk. 155, 769-791 (1969)

Bettelheim,H.; Schuster,H. und H.Tschabitscher: Vergleichende ophthalmodynamometrische und angiographische Untersuchungen bei Karotisverschlüssen. Wien.Klin.Wschr. 83, 702-705 (1971)

Bettelheim,H. und P.Till: Diagnostik orbitaler Zirkulationsstörungen mit Hilfe der Ophthalmodynamometrie und der Echo-Orbitographie. Klin.Mbl.Augenheilk. 164, 159-172 (1974)

Bettelheim,H.: Das Dynamogramm der "leeren" Orbita, dynamographische Untersuchungen beim Anophthalmus postoperativus. Graefes Arch.Ophthal. 177, 83-88 (1969)

Bettelheim,H.: L'ophtalmodynamometrie, une nouvelle méthode d'exploration ophtalmologique de la circulation céphalique. Arch.Ophtal. 29, 175-186 (1969)

Blake,J. and G.Kelly: Ocular aspects of internal carotid stenosis. Trans.Ophthal.Soc.U.K. 95, 194-201 (1975)

Bojanovsky,J. und R.Toelle: Ophthalmodynamographische Untersuchungen während thymoleptischer Behandlung. Pharmakopsychiat. 6, 178-185 (1973)

Bornscheuer,B.: EDV-unterstützte Auswertung ophthalmodynamographischer Kreislaufgrößen bei Alterspatienten. II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.1972

Borrás,A.; Martinez,B.S. and M.S.Méndez: I. Ophthalmodynamometric and direct measurement of ophthalmic artery pressure. Amer.J.Ophthal. 67, 681-684 (1969)

II. Ophthalmic brachial artery pressure ratio in man. Amer.J.Ophthal. 67, 684-688 (1969)

III. Carotid compression test and direct measurement of ophthalmic artery pressure in man. Amer.J.Ophthal. 67, 688-695 (1969)

Braun,L.: Abschätzungen der Ersatz-Kollateralbahn einer Arteria carotis interna durch vergleichende Ophthalmodynamometrie. Klin.oczna 42, 1345-1350 (1974)

Brunner,H.H.; Schiller,H.H. und D.Pieroth: Das Ophthalmodynamogramm in der Diagnostik extrakranieller Stenosen und Versc-hlüsse. Vergleich mit den Ergebnissen der Dopplersonographie, der dynamischen Hirnszintigraphie und der Thermometrie. II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.72

Buchthal,A. und J.Finke: Zur Frage der relativen cephalen Hypertonie. II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.72

Budai,A.: Vergleichende Untersuchungen mit der konventionellen und Ultraschallophthalmodynamometrie. Klin.Mbl.Augenheilk. 164, 364-367 (1974)

Bullock,D.; Falter,T.; Downing,E. and E.Snyder: Ischemic ophthalmia secondary to an ophthalmic artery occlusion. Amer.J.Ophthal. 74, 468-493 (1972)

Bynke,H.G.: Further studies on the ocular pulse in rabbits at experimental carotid occlusion and at loading of the bulb. Acta Ophthal. 47, 514-522 (1969)

Derka,H.: Das ophthalmodynamographische Pulsvolumen und seine Beeinflussung durch Veränderungen an der Registriervorrichtung. Graefes Arch.Ophthal. 184,167-176 (1969)

Derka,H.: Ophthalmodynamographische Befunde bei Atmung von Oxymix und reinem Sauerstoff. Graefes Arch.Ophthal. 186,203-208 (1973)

Derka,H.: Der Anteil der Arteria carotis externa am Zustandekommen des Ophthalmodynamogrammes. Graefes Arch.Ophthal. 178, 246-251 (1969)

Derka,H.: Zum diagnostischen Wert der Ophthalmodynamographie. Klin.Mbl.Augenheilk. 164, 679-683 (1974)

Derka,H. und F.L.Jenker: Über die Zusammenhänge zwischen orbitalem und cerebralem Pulsvolumen.
Graefes Arch.Ophthal. 186,13-19 (1973)

Draeger,J. und H.Vogel: Ophthalmodynamometrie mit einem Unterdruckgerät.
Graefes Arch.Ophthal. 170, 209-219 (1966)

Felgenhauer,W.R.: Ophtalmodynamometrie et ophtalmodynamographie dans l'hypotension orthostatique et les migraines.
Ophthalmologica 170, 306-308 (1975)

Finke,J. und A.Buchthal: Aussagewert des Ophthalmodynamogramms bei zerebralen Zirkulationsstörungen
Ztsch.Cardiol. 62, 977-989 (1973)

Fischbach,R.: Erfahrungen mit der Ophthalmodynamographie bei stenosierenden Prozessen im Karotisbereich.
II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.1972

Follmann,P.; Littmann,J.; Urai,L. and S.Heszberger: Ophthalmodynamometry and ophthalmodynamography in subclavian steal syndrome.
Ophthalmologica 159, 363-372 (1969)

Follmann,P.: Dynamometry.
Ophthalmologica 169, 192-202 (1974)

Follmann,P.; Littmann,J.; Urai,L. and S.Heszberger: Ophthalmodynamography in systemic arterial disease.
Glasgow postgraduate Medical Board 1969

Friedman,B.: A new apparatur and technique for ophthalmodynamometry.
Eye,Ear,Nose,Throat Monthly 45, 72 (1966)

Fritz,A.: Mesure clinique de la pression sanguine Choroidienne.
Bull.Soc.Belge Ophtal.153, 702-712 (1969)

Galin Miles,A.; Baras,I.; Best,W. and B.Friedman: Ophthalmodynamometry.
Trans.Ophthal.Soc.U.K. 89, 57-66 (1970)

Galin Miles,A.; Baras,I. and R.Cavero: Ophthalmodynamometry using suction.
Arch.Ophthal. 81, 494-500 (1969)

Galin Miles,A.; Best,M.; Plechaty,G. and P.Nussbaum: The ocular pulse. Trans.Amer.Acad.Ophthal.Otolaryng. 76, 1535-1541 (1972)

Garbsch,H.; Kargl,F.; Klein,K. und H.Siedek: Vergleichende blutige und unblutige Druckmessungen in der Arteria carotis communis und Arteria carotis interna. Wien.Klin.Wsch. 78, 924-927 (1966)

Gay,A.J.: Clinical ophthalmodynamometry. Int.Ophthal.Clin. 7, 729-744 (1968)

Génee,E. und H.Honegger: Ophthalmodynamographische Befunde bei Stenosen und Verschlüssen der Karotiden und Gefäßabgänge vom Aortenbogen. Klin.Mbl.Augenheilk. 156, 235-239 (1970)

Génee,E. und N.Juhran: Vergleichende ophthalmodynamographische Untersuchungen an Labortieren. Graefes Arch.Ophthal. 177, 271-282 (1969)

Gerlach,J.; Spuler,H. und G.Viehweger: Über das Aneurysma der Orbita. Klin.Mbl.Augenheilk. 140, 344-356 (1962)

Graham,M.V.: Carotid artery disease. Trans.Ophthal.Soc.U.K. 88,5-18 (1969)

Greguss,P. and A. Galin Miles: Suction ophthalmodynamometry via fluidic control. Trans.Amer.Acad.Ophthal.Otolaryng. 75,647-648 (1971)

Hayreh,S.S. and J.Edwards: Ophthalmic arterial and venous pressures. Brit.J.Ophthal. 55, 649-663 (1971)

Heilmann,K.: Untersuchungen über die Wirkung von Catapresan auf den intraocularen Druck. Klin.Mbl.Augenheilk. 161,425-430 (1972)

Herrschaft,H. und B.Neelsen: Ophthalmodynamographische Untersuchungen bei Verschlüssen und Stenosen der Arteria carotis und ihrer intracranilären Äste. Med.Welt 18, 2914-2922 (1967)

Hessloehl,J.C.; Lobstein,A.; Heydacker,C. et J.Flament: Ophtalmodynamographie et occlusion carotidienne. Bull.Soc.Ophtal.Fr. 72, 509-511 (1971)

Higgs,W.A. and S.J.Bullington: Correlation between ophthalmodynamometry and arteriography in diagnosing carotid occlusive disease. Eye,Ear,Nose,Throat Monthly 49, 369-372 (1970)

Imamura,T.: Studies on retinal artery occlusion. Acta Soc.Ophthal.Jap. 72, 1330-1343 (1968)

Jessen,K.; Sayegh,F. und E.Weigelin: Physikalische und klinische Untersuchungen zur Ophthalmodynamographie nach Hager-Otto. In Vorbereitung

Kaskel,D.; Ahlert,U.; Sayegh,F. und E.Weigelin: Ophthalmodynamographie unter Muskelrelaxantien. Graefes Arch.Ophthal. 182, 229-233 (1971)

Kaskel,D.; Fink,H. und G.Kurscheid: Die Beziehungen zwischen Blutdruck, Durchblutung, osmotischem Druck und Augeninnendruck. Ber.Dtsch.Ophthal.Ges. 70, 493-499 (1969)

Kaskel,D.; Grafmanns,H. und E.Weigelin: Die Bedeutung der quergestreiften intraorbitalen Muskulatur für das Ophthalmodynamogramm des Kaninchens. Doc.Ophthal. 27, 138-145 (1969)

Kaufman ,I.H.: Instrument for conjugate ophthalmodynamometry. Amer.J.Ophthal.60, 527-529 (1965)

Kukan,F.: The ophthalmoscope and ophthalmodynamometry. Orvosi Hetil (Hungarian Med.Weekly) 92, 990-993 (1951)

Lansche,R.K.: Ocular manifestations of Strokes. Int.Ophthal.Clin. 337-374 (1968)

Losch.I.: Übersicht über die Forschung auf dem Gebiet der Blutdruckmessung am Auge seit 1964. Dissertation,Bonn 1970

Lynch,J. et J.Lambre: Etude ophtalmodynamométrique pré et postoperatoire de onze cas de stenose par plicature de la carotide interne. Bull.Soc.Ophtal.Fr. 11, 1091-1103 (1971)

Makabe,R.: Ophthalmodynamometrische und tonographische Analyse der Wirkung von Vascunicol. Med.Klin. 66, 117-121 (1971)

Makabe,R.: Bedeutung und Praxis der Ophthalmodynamometrie. Med.Klin. 68, 271-273 (1973)

Mapelli,G.; Verzella,F. und A.Sebastiann: Klinischer Wert der Ophthalmodynamographie bei der Carotis Sinus cavernosus-Fistel. Arch.Rass.ital.Ottal. 1, 178-200 (1972)

Marée, H. de und H.Hager: Beurteilung ophthalmodynamographischer Meßergebnisse. Ber.Dtsch.Ophthal.Ges. 70, 486-492 (1969)

Marée, H. de; Barbey,K. und H.Hager: Probleme der Druckankopplung bei der Ophthalmodynamographie. Ztsch.Kreislauff. 58, 485-492 (1968)

Marée, H. de: Ophthalmodynamographie an narkotisierten Patienten. Ber.Dtsch.Ophthal.Ges. 69, 369-398 (1968)

Marée, H. de: Einfluß des Muskeltonus auf das ophthalmodynamographische Meßergebnis. Ztsch.Kreislauff. 58, 492-499 (1969)

Meyer-Erkelenz,J.D. und R.Ksinsik: Ophthalmodynamographie. Med.Klinik 67, 1503-1509 (1972)

Meyer-Erkelenz,J.D. und R.Ksinsik: Wert des Ophthalmodynamogramms bei einer kompletten Kreislaufanalyse in Ruhe und Belastung. II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.1972

Meyer-Erkelenz,J.D.; Vitz,H.; Ksinsik,R. und P.Seiler: Änderungen verschiedener Kreislaufparameter in Abhängigkeit von unterschiedlichen Körperlagen. Ges.Kreislaufforsch. 37, 257-268 (1971)

Mikuni,M. and K.Iwata: Mikuni's ophthalmodynamometer. Acta Med.Biol. 12, 279-288 (1965)

Miletti,M.: Le diagnostic de la thrombose primitive de la carotide interne dans la région cérvicale au moyen de la détermination des valeurs de la pression systolique de l'artère centrale de la rétine. Presse méd.,Paris 54, 655-656 (1946)

Montez Galvez,J.: Über den diagnostischen Wert der Ophthalmodynamometrie bei Verschlüssen der Carotis interna. Arch.Soc.Ophthal.Esp. 31, 579-584 (1971)

Morax,P.V.; Aron-Rosa,D. et J.C.Gautier: Symptômes et signes ophtalmologiques des stènoses et occlusions carotidiennes. Bull.Soc.Ophtal.Fr. No.Spéc. (1970)

Neuner,H.P.: Ophthalmodynamometrische Befunde bei Cushing-Syndrom, prä- und postoperativer Vergleich. Klin.Mbl.Augenheilk. 154, 113-118 (1969)

Niesel,P.: Zur Klinik und Therapie der akuten Gefäßverschlüsse. Ophthalmologica 162, 65-75 (1971)

Niesel,P.: Ophthalmodynamometrie. Ophthalmologica 158, 342-352 (1969)

Pach,J.; Dorndorf,W. und H.Gänshirt: Ophthalmodynamographie beim Carotisverschluß. Z.Neurol. 199, 224-233 (1971)

Percival,S.F. and A.E.Ridgway: Carotid compression tonography. Brit.Med.J. 1, 357-358 (1968)

Psilas,K. et W.R.Felgenhauer: Ophtalmodynamometrie et ophtalmodynamographie, méthodes complementaires dans le diagnostic des stenoses ou thromboses carotidiennes. Ophthalmologica 165, 258-266 (1972)

Rabinovitz,Z.A. and M.Best: Quantitative evaluation of carotid artery stenosis. Invest.Ophthal. 11, 857-861 (1972)

Ramadan,A.M. und V.Tobiasch: Ophthalmodynamographie und orthostatische Kreislaufregulationsstörungen.
II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.1972

Rousseau,A.P.: Arm retina circulation time as an adjunct to ophthalmodynamometry.
Canad.J.Ophthal. 3, 143-148 (1968)

Sanders,M. and W.F.Hoyt: Hypoxic ocular sequelae carotid-cavernous fistulae.
Brit.J.Ophthal. 53, 82-97 (1969)

Sayegh,F.: Ophthalmodynamographie bei zerebralen Durchblutungsstörungen.
II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.1972

Sayegh,F.: Critical comparison of ophthalmodynamographic and dynamometric measurements.
Ophthal.Res. 1, 201-210 (1970)

Sayegh,F.; Azmoun,A. and E.Weigelin: Critical comparison of vasotonometric measurements.
Ophthal.Res. 5, 300-307 (1973)

Sayegh,F.; Hartmann,J. und E.Weigelin: Das Verhalten des Blutdruckes, des intrakraniellen Kreislaufs und des intraocularen Druckes bei gesunden Personen, bei Hypertonikern und bei Patienten mit Glaukom nach Anwendung von Clonidin (Isoglaucon) als Augentropfen
Klin.Mbl.Augenheilk. 163,23-29 (1973)

Sayegh,F.; Kaskel,D. und E.Weigelin: Zur klinischen Anwendbarkeit der Ophthalmodynamographie im Vergleich zur Ophthalmodynamometrie und Karotisangiographie.
Klin.Mbl.Augenheilk. 156, 691-701 (1970)

Sayegh,F. und H.Odwarka: Fehlerberechnung bei der Ophthalmodynamographie.
Ber.Dtsch.Ophthal.Ges. 70, 481-486 (1969)

Siedek,H. und K.Klein: Zur Früherfassung und Frühbehandlung der essentiellen Hypertonie.
Wien Klin.Wschr. 77, 826 (1965)

Sisler,H.A.: Comparative ophthalmodynamometry using scleral pressure,suction and corneal pressure units.
Amer.J.Ophthal. 74, 964-966 (1972)

Sisler,H.A.: Optical-corneal-pressure ophthalmodynamometer.
Amer.J.Ophthal. 74, 987-989 (1972)

Steele,A.M. and D.Pierse: Ophthalmodynamometry at the biomicroscope.
Trans.Ophthal.Soc.U.K. 89, 265-268 (1973)

Stepanik,J.: Einleitende Versuche zur Dynamometrie mit dem Mackay Marg-Tonometer.
Klin.Mbl.Augenheilk. 160, 373 (1972)

Streiff,E.B. und M.Monnier: Der retinale Blutdruck im gesunden und kranken Organismus.
Springer,Wien (1946)

Sysi,R.: The effect of the suction cup sucket to the surface of the eye on intraocular pressure and the serviceablen of the suction cup as an ophthalmodynamometer.
Acta Ophthal. 28, 261-270 (1950)

Takats,I.: Effect of stimulation of the ciliary nerves on systemic blood pressure.
Exp.Eye Res. 12, 44-50 (1971)

Tenner,A.; Pape,R. und E.Genee: Fluorescenzangiographie und Ophthalmodynamographie beim Spätbild des Morbus Purtscher.
Klin.Mbl.Augenheilk. 160, 109-113 (1972)

Thomas,C.: Le contrôle des dynamomètres.
Bull.Soc.Ophtal.Fr. 6, 613-617 (1958)

Toelle,R.; Bojanovsky,J.; Pflug,B. und T.Uber: Die Ophthalmodynamographie zur Bestimmung somatischer Effekte von antidepressiven Maßnahmen.
II.Int.Symp.ODG,Stuttgart 13.-14.10.1972

Tobiasch,V. und O.Mansour: Das Stehophthalmodynamogramm bei orthostatisch bedingten Schwindelzuständen.
Z.Kreislauff. 59, 461-467 (1970)

Ulrich,W.D.: Grundlagen und Methodik der Ophthalmodynamometrie,Ophthalmodynamographie und Temporalisdynamographie.
VEB Thieme,Leipzig.Abhandl.aus dem Gebiet der Augenheilk. 44 (1976)

Verzella,F.: Zur Pathophysiogenese des Ophthalmodynamogrammes. Klin.Mbl.Augenheilk. 158,48-58 (1971)

Vetter,K.: Intra- und intraindividuelle Kaliberdifferenzen der Arteria ophthalmica. Med.Welt,N.F. 24, 172-174 (1973)

Wachholz,E.A.: Ophthalmodynamographische Befunde bei 10 Keilbeinmeningiomen. Klin.Mbl.Augenheilk. 160, 430-433 (1972)

Weigelin,E.: Funktionelle Dynamometrie. Ber.Dtsch.Ophthal.Ges. 55, 394-398 (1949)

Weigelin,E.: Blutdruckmessung am Auge. 7.Kong.Ges.Augenärzte DDR,Magdeburg 409-417 (1970)

Weigelin,E.; Iwata,K. und M.Halder: Fortschritte auf dem Gebiet der Blutdruckmessung am Auge. Fortsch.Augenheilk. 15, 44-184 (1964)

Weigelin,E. und A.Lobstein: Ophthalmodynamometrie. Karger,Basel (1962)

Weigelin,E. und H.K.Müller: Über die praktische Bedeutung der Blutdruckmessung an der Zentralarterie der Netzhaut. Doc.Ophthal. 5/6, 357-402 (1951)

Werff,V.: The pressure measured in ophthalmodynamometry. Arch.Ophthal. 87, 290-292 (1972)

Wenzel,G.: Die Aussagekraft von seitenunterschiedlichen ophthalmodynamographischen und ophthalmodynamometrischer Meßergebnisse bei Stenosen im Carotis-Ophthalmica-Bereich. Dissertation Berlin (1976)

Wezer, J. van; Dralans,L. und L.Missotten: Die Ophthalmodynamographie. Bull.Soc.Belge Ophtal. 158,598-607 (1970)

Winter,T.: Ophthalmodynamographische Befunde bei einem modifizierten Schellongtest. Dissertation Berlin (1976)

Yamamori,A.: Intraocular blood pressure measuring method. Acta Soc. Ophthal. Jap. 68, 194 (1964)

Young,L.D.: Ophthalmodynamometry as a bedside examination.Its role in evaluation of cerebrovascular disorders. J.Amer.Osteopath.Ass. 71, 760-770 (1972)

Ziesmer,W.; Weigelin,E.; Jessen,K. und E.Scheidthauer: Vergleichende intraoculare Druckmessungen mit verschiedenen Stempelaufsatzflächen des Ophthalmodynamometers nach H.K.Müller. Ber.Dtsch.Ges.Ophthal. 73, 465-473 (1973)

Zurwehme,D.; Lühr,K. und E.Hahn: Fehldeutungen bei Druckmessungen im Bereich der Arteria ophthalmica. Z.Kreislauff. 57, 262-268 (1968)

Lebenslauf

Am 5. August 1942 wurde ich in Kabul/Afghanistan als Sohn des Generals Mohamed Arif und seiner Ehefrau Amina, geb. Yuossof, geboren.
Von 1949 bis 1956 besuchte ich die Volksschule (Esteklal Gymnasium) in Kabul.
Wegen Versetzung meines Vaters nach Europa wurde ich im November 1956 in das Landschulheim Berg am Starnberger See eingeschult, wo ich im Juli 1960 die mittlere Reife bestand. Danach wechselte ich auf das Landschulheim Schloß Ising am Chiemsee über, wo ich im Juli 1963 die Reifeprüfung ablegte. Im Wintersemester 1963 begann ich mein Medizinstudium an der Universität Göttingen. Dort bestand ich im Dezember 1969 die ärztliche Prüfung.
Von 1970 bis 1971 absolvierte ich die Medizinalassistentenzeit an den Universitätskliniken Bonn.
Nach der Approbation im März 1971 begann ich auf der chirurgischen Abteilung des Marien Hospitals in Euskirchen als Assistenzarzt sowie als zweiter Oberarzt auf der chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Euskirchen in Mechernich meine Facharztweiterbildung, die ich im März 1976 mit der Anerkennung als Facharzt für Chirurgie abschloß. Seit Mai 1976 bin ich auf der chirurgischen Abteilung des St. Markus Krankenhauses in Bonn-Bad Godesberg als Oberarzt tätig.